ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux familles de fonctions analogues à la famille des fonctions analytiques.* Note de M. **Maurice Fréchet.**

Des recherches récentes ont montré qu'on pouvait former des familles intéressantes de fonctions *comprenant* comme cas particulier la famille des fonctions analytiques, tout en conservant plusieurs des propriétés de ces fonctions analytiques.

Certaines considérations générales (trop longues à développer ici ; mais que nous exposerons ailleurs) m'ont amené, *en particulier*, à une constatation voisine mais cependant *distincte*. Elles m'ont, en effet, permis de former deux familles P et D de fonctions dont aucune ne comprend la famille A des fonctions analytiques mais qui ont en commun avec A plusieurs propriétés importantes.

Par exemple, on constate dans P et D comme dans A l'*invariance* dans l'*addition, la multiplication* et aussi dans la *composition* (par fonction de fonction).

La définition des fonctions analytiques suppose essentiellement une certaine règle de multiplication du nombre complexe qu'on désigne par i

$$1 \times i = i \times 1 = i, \qquad i^2 = -1.$$

Les deux familles D et P supposent l'utilisation de nombres complexes j et k respectivement, *pour lesquels les règles correspondantes de multiplication sont différentes* de la précédente. On pose d'une part

$$1 \times j = j \times 1 = j; \qquad j \times j = 0.$$

d'autre part

$$1 \times k = k \times 1 = 0; \qquad k \times k = k$$

Dans le premier cas, on pourra représenter le couple (x, y) par le nombre « para-complexe » $u = x + jy$ (en relation avec les nombres de Study) ; et une

fonction de u par

$$U(u) = X(x, y) + jY(x, y).$$

Dans le second cas, on aura la variable

$$v = x + ky,$$

et la fonction

$$V(v) = X(x, y) + kY(x, y).$$

Définitions. — 1° On aura une fonction $U(u)$ « para-analytique » *de la famille* D quand $U(u)$ peut s'écrire sous la forme

$$U(x+jy) = U(u) = A(x) + j[yA'(x) + B'(x)],$$

où

$$A'(x) = \frac{dA(x)}{dx}, \qquad B'(x) = \frac{dB(x)}{dx}$$

sont deux dérivées elles-mêmes dérivables avec des dérivées premières continues dans le domaine de définition de $U(u)$.

2° Une fonction « para-analytique » *de la famille* P est de la forme

$$V(x + ky) = V(v) = P(x) + kQ(y),$$

où $P(x)$, $Q(y)$ ont des dérivées premières continues dans le domaine de définition de $V(v)$.

Ces définitions suffisent à assurer les trois invariances par addition, par multiplication et par substitution.

Si l'on suppose en outre, que $A(x)$, $B(x)$, $P(x)$, $Q(y)$ sont des fonctions *dérivables indéfiniment* dans le domaine de définition de la fonction para-analytique considérée, alors il y aura encore *invariance* de chacune des familles P et D *dans l'opération de dérivation.*

Sous cette hypothèse plus stricte, on a, en effet,

$$U'(u) = \frac{dU}{du} = \frac{dA + j\,d[yA' + B']}{dx + j\,dy} = A'_x + j[yA''_x + B''_x]$$

qui est aussi une fonction de la famille D.

Et de même :

$$V'(v) = \frac{dV}{dv} = \frac{dP(x) + k\,dQ(y)}{dx + k\,dy} = P'(x) + kQ'(y),$$

donc $V'(v)$ appartient aussi à la famille P.

Remarque. — On pourrait encore signaler bien d'autres analogies des familles A, D. P.

Par exemple X et Y vérifient un système de deux équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaires, homogènes et à coefficients constants. On a en effet :

dans la famille A (comme on sait) :

$$\frac{\partial X}{\partial x} - \frac{\partial Y}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial X}{\partial y} + \frac{\partial Y}{\partial x} = 0;$$

dans la famille D :

$$\frac{\partial X}{\partial x} - \frac{\partial Y}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial X}{\partial y} = 0;$$

dans la famille P :

$$\frac{\partial Y}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial X}{\partial y} = 0.$$

Il en résulte que dans chacune des familles A, D, P, les fonctions X et Y vérifient une *même* équation aux dérivées partielles du second ordre, linéaire, homogène et à coefficients constants, savoir :

pour la famille A (comme on sait) :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0;$$

pour la famille D :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0;$$

pour la famille P :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} = 0.$$

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie l'*Annuaire pour l'an* 1953, publié par le Bureau des Longitudes.

M. **André Mayer** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Un pionnier de la Physiologie. Léon Fredericq*, volume publié à l'occasion du Centenaire de la naissance de ce Savant qui fut Correspondant pour la Section de médecine et chirurgie.

M. **Gottlieb Fluckiger** adresse un Mémoire qu'il vient de publier dans *La Pathologie générale, Revue de pathologie comparée et d'hygiène*, intitulé : *L'épizootie de fièvre aphteuse de* 1951-1952 *et les moyens utilisés pour la combattre dans les différents pays de l'Europe occidentale.*

M. **Marcel Dehalu** adresse une Notice intitulée : *Augustin Delporte*.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Gustave Ribaud** : Mémorial des Sciences physiques, fasc. LIV : *Propriétés optiques des lames minces solides*, par M. Pierre Rouard. Fasc. LV : *Applications optiques des lames minces solides*, par le même;

par M. Gottlieb Fluckiger : *L'élimination des animaux tuberculeux et la lutte contre la tuberculose bovine sous le régime des arrêtés du Conseil fédéral.* Thèse inaugurale présentée à la Faculté de médecine vétérinaire de Berne, par M. Pierre-Henri Willi.

DÉSIGNATIONS.

M. Robert Courrier est désigné pour représenter l'Académie dans le Conseil scientifique de l'Association Claude-Bernard, en voie de création, pour le développement des recherches biologiques et médicales dans les établissements hospitaliers de l'Assistance publique.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Éducation Nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste d'Astronome titulaire à l'Observatoire de Paris, vacant par le décès de M. *Bernard Lyot*.

Le Comité d'Organisation du Huitième Congrès international du Pacifique invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès qui aura lieu à l'Université des Philippines, Quezon City, du 16 au 28 novembre 1953.

L'Académie est informée des Cérémonies qui auront lieu à Madrid, du 15 au 21 avril 1953, à l'occasion du Cinquantième anniversaire de la fondation de la Real Sociedad espanola de Fisica y Quimica.

Le Secrétaire général de l'Académie Royale Néerlandaise des sciences et des lettres communique la résolution adoptée, le 30 août 1952, à Utrecht, par l'Institut international d'Embryologie, dans le but d'attirer l'attention des autorités responsables de l'enseignement et de la recherche médicale sur l'importance des notions relatives au développement embryonnaire.

M. Jean Verne prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'anatomie et zoologie, par le décès de M. *Charles Pérez*.

M[me] Vve Lásló J. Havas, adresse des remercîments pour la distinction accordée à son mari, M[me] Jean-Marie Mantz, MM. Jules Agard,

Jean-Lucien Andrieux, Maurice Bariéty, Paul Bastien, David Belorisky, Jean Bouladon, Marcel Brelot, André Couder, Pierre Cüer, Jacques Delarue, Pierre Depoid, Henri Dessens, Paul Dubreil, Louis-Paul Dugal, Paul Durand, Robert Fortet, Maurice Gevrey, Robert Gibrat, Jean Hardouin, Stéphane Hénin, Ng. Ph. Buu Hoï, Louis Hurault, Charles Jaulmes, Georges Jouravsky, André Jude, Maurice Lelubre, Albert Levasseur, Jean Mandel, Pierre Martens, Max Mousseron, Pierre Nicolau, François Permingeat, Jean Quérangal des Essarts, Marc Raucourt, François Ruffier d'Epinoux, Germain Sabatier, Charles Sannié, Ermenegildo Santoni, Evry Schatzman, le Chef de la **Section d'études des gîtes minéraux du Maroc, Jean-Claude Simon, Marc Simonet, André Soulairac, Jean Stolz, Jean Terracol, Albert Tian, Max Vachon, Michel Vaillaud, Jacques Valensi, André Vatan, Robert Warnecke** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Jean-Pierre Serre, Henri Vallois**, le Directeur de l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, le Directeur de l'**Institut national agronomique**, le Président de la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions ou allocations qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Études des gîtes minéraux de la France. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine.* I. *Flore fossile.* 4ᵉ fascicule. *Pécoptéridées,* par Paul Corsin. Texte et Planches.

2° *Proceedings of the Seventh Pacific Science Congress of the Pacific Science Association,* held at Auckland and Christchurch, New Zealand, 2nd February to 4th March 1949. Vol. III. *Meteorology and Oceanography.*

3° *Le Film de recherche.* Bulletin du Comité permanent du Film de Recherche de l'Association internationale du Cinéma scientifique, n° 1.

ALGÈBRE. — *Logarithmétiques réductibles de quasi-groupes.*

Note de Mˡˡᵉ **Hélène Popova**, présentée par M. Paul Montel.

Par analogie avec la représentation matricielle des groupes finis, nous proposons une représentation vectorielle des logarithmétiques de quasi-groupes finis, considérés comme des quasi-groupes additifs finis. Rappelons quelques définitions.

L'*ordre* d'un élément d'un quasi-groupe fini est l'ordre du quasi-groupe

engendré par cet élément. Le quasi-groupe est *uni* s'il est simple et n'a pas de sous-quasi-groupes autres que lui-même. Ainsi, chaque élément d'un quasi-groupe uni est générateur du quasi-groupe. La *logarithmétique* L_Q d'un quasi-groupe fini $Q = (1, 2, \ldots, n)$ est un ensemble de vecteurs $\{1^x, 2^x, \ldots, n^x\}$ où x désigne n'importe quelle puissance non associative et où les opérations d'addition et de multiplication sont définies par

$$(1) \qquad \alpha + \beta = \{a_1 b_1, \ldots, a_n b_n\}, \qquad \alpha\beta = \{a_1^\beta, \ldots, a_n^\beta\}, \qquad \beta\alpha = \{b_1^\alpha, \ldots, b_n^\alpha\},$$

où

$$\alpha = \{1^\alpha, 2^\alpha, \ldots, n^\alpha\} = \{a_1, \ldots, a_n\}, \qquad \beta = \{1^\beta, 2^\beta, \ldots, n^\beta\} = \{b_1, \ldots, b_n\},$$

Les éléments de L_Q sont appelés *quasi-nombres*. Par rapport à l'addition, L_Q est un quasi-groupe et l'ordre N de la logarithmétique d'un quasi-groupe uni Q est une puissance de l'ordre n de Q : $N = n^m$. Il est évident que m, dans cette égalité, ne peut être plus grand que n. L'ensemble de tous les sous-vecteurs $\{1^x, \ldots, l^x\}$ de L_Q où x désigne n'importe quelle puissance non associative, forme, par rapport à l'addition, un quasi-groupe *engendré* par $\{1, 2, \ldots, l\}$. Quand Q est uni d'ordre n, l'ordre de ce quasi-groupe est une puissance de n : $N' = n^p$, $p \leqq m$. Le sous-vecteur $\{1, \ldots, r\}$ d'un vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ de L_Q est un vecteur *dérivé* de Q s'il engendre un quasi-groupe d'ordre n. La *portée* de Q est le nombre maximum d'éléments distincts dans un vecteur dérivé de Q.

Nous dirons que la logarithmétique de Q est *réductible* si elle possède des sous-vecteurs $\{j, \ldots, k\}$, engendrant un quasi-groupe d'ordre plus petit que $n_j, \ldots, n_k$ où n_i désigne l'ordre de l'élément i. Si Q est uni, la définition précédente devient plus simple : la logarithmétique est réductible, si le vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ contient un sous-vecteur de rang s, engendrant un quasi-groupe d'ordre n^p, $p < s$.

Si L_Q ne possède pas de tels vecteurs, nous l'appellerons *irréductible*.

Théorème 1. — *L'ordre* N *d'une logarithmétique irréductible d'un quasi-groupe fini est égal au produit des ordres n_i de ses éléments : $N = n_1 n_2 \ldots n_n$.*

Corollaire. — *L'ordre* N *de la logarithmétique irréductible d'un quasi-groupe uni d'ordre n est n^n.*

Théorème 2. — *La logarithmétique d'un quasi-groupe uni est irréductible si, et seulement si, pour chaque k, $(1 < k < n)$, elle contient un sous-vecteur $\{a_1, \ldots, a_k\}$ dont les éléments $a_1, \ldots, a_k$ contiennent précisément $(k-1)$ éléments distincts de* Q.

Le théorème est vrai quand Q a des vecteurs dérivés [1]. Quand il n'en a pas, on peut prouver le théorème par induction de la manière suivante.

Supposons que Q n'ait pas de vecteurs dérivés et que le sous-vecteur $\{1, 2, 3\}$ de $\{1, 2, \ldots, n\}$ engendre un quasi-groupe L' d'ordre n^2. Nous

---

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1360.

pouvons montrer que L' ne contient pas de vecteurs de la forme $\{a, b, a\}$, $a \neq b$. En effet, si un vecteur $\{a, b, a\}$, $a \neq b$, se trouve dans L', il a la forme $\{a, b, a\} = \{1^Y, 2^Y, 3^Y\}$. Le quasi-groupe L'_1 engendré par $\{a, b, a\}$ se compose alors de tous les vecteurs $\{1^{Y_x}, 2^{Y_x}, 3^{Y_x}\}$, et par suite, $L'_1 \subset L'$. D'autre part, puisque Q est uni, l'ordre (²) de L' est une puissance de n, égale, en fait, à n^2, puisque : 1° Q n'a pas de vecteurs dérivés et 2° L'_1 est une partie de L'. Ainsi $L'_1 = L'$. Puisqu'il en est ainsi, il doit exister une puissance non associative Z, telle que $\{a^Z, b^Z, a^Z\} = \{1, 2, 3\}$, $1 = 3$, ce qui est contradictoire. Donc, si $\{a, b, a\}$, $a \neq b$, est dans L', $\{1, 2, 3\}$ engendre un quasi-groupe d'ordre n^3, etc.

Quand Q est de portée $r > 1$, chacun de ses vecteurs dérivés $\{1, \ldots, r\}$ engendre un quasi-groupe $Q'_n \simeq Q$, qui se compose de vecteurs (¹)

(2) $\{1, \ldots\}, \quad \{2, \ldots\}, \quad \{3, \ldots\}, \quad \ldots, \quad \{n, \ldots\}.$

Le vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ peut alors être scindé en n/r vecteurs séparés

$$\{1, \ldots, r\}, \quad \{r+1, \ldots, 2r\}, \quad \ldots, \quad \{n-r, \ldots, n\}$$

et chacun d'eux engendre Q'_n. Il s'ensuit que la représentation vectorielle de L peut être simplifiée, en remplaçant chacun des vecteurs (2) par $1, 2, \ldots, n$ respectivement. Ainsi, la logarithmétique de Q peut être représentée par un ensemble de vecteurs $\{1^x, (r+1)^x, \ldots, (n-r)^x\}$ où x désigne n'importe quelle puissance non-associative. Puisque r est le nombre maximum d'éléments distincts formant un vecteur dérivé de Q, cette nouvelle représentation de L_Q ne possède pas de vecteurs dérivés.

Théorème 3. — *Si la représentation de L_Q par les vecteurs dérivés est irréductible, l'ordre de L_Q désigne $n^{n/r}$ où r désigne la portée, et n, l'ordre de Q.*

Supposons maintenant la portée de Q égale à 1, et de plus que chaque sous-vecteur d'un quasi-nombre de L_Q, formé de s éléments distincts de Q, engendre un quasi-groupe d'ordre n^s. Soit k, le nombre maximum d'éléments distincts de Q qui peuvent encore engendrer un quasi-groupe L' d'ordre n^s. Dans ces conditions, on a les trois théorèmes suivants.

Théorème 4. — *Si un vecteur $\{1, 2, \ldots, s, a_1, \ldots, a_{k-s}\}$ appartient à L', les $(k-s)$ vecteurs $\{1, 2, \ldots. s, P_i(a_1, \ldots, a_{k-s})\}$ appartiennent tous à L'. (P_i désigne les $(k-s)$ permutations circulaires distinctes de $a_1, \ldots, a_{k-s}$).*

Théorème 5. — *Si deux vecteurs de L' ont s éléments en commun, ils ont tous leurs éléments en commun.*

Théorème 6. — *L'ordre du quasi-groupe Q est de la forme*

$$n = (s-1) + [k-(s-1)]q$$

où q désigne un nombre entier inférieur ou égal à $[n-(s-1)]/[k-(s-1)]$.

(²) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1935.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur un problème de M. Siegel relatif à un ensemble fermé d'entiers algébriques*. Note de MM. **Jacques Dufresnoy** et **Charles Pisot**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\theta > 1$ un entier algébrique réel, dont tous les conjugués autres que θ ont leurs modules strictement inférieurs à 1. Nous désignerons le polynome irréductible ayant θ pour zéro par

$$P(z) \equiv p_0 + p_1 z + \ldots + p_{s-1} z^{s-1} + \varepsilon z^s, \qquad \text{où} \quad \varepsilon = \pm 1, \; p_0 \geqq 1.$$

Soit

$$Q(z) \equiv \varepsilon z^s P\left(\frac{1}{z}\right) \equiv 1 + q_1 z + \ldots + q_{s-1} z^{s-1} + q_s z^s.$$

Par l'étude de la fraction rationnelle $P(z)/Q(z)$, M. Salem (1) a montré que l'ensemble S de tous les nombres θ est fermé et que le nombre 1 n'appartient pas à son ensemble dérivé S'. M. Siegel (2) a établi ensuite que dans l'intervalle $1 < \theta \leqq \sqrt{2}$ il n'y avait que deux nombres θ, à savoir θ_1 racine de $z^3 - z - 1 = 0$ et θ_2 racine de $z^4 - z^3 - 1 = 0$. Il a signalé l'intérêt qui s'attacherait à la détermination du plus petit élément de l'ensemble S' et il a indiqué qu'il n'avait pas pu décider si ce plus petit élément était $\theta_0 = (1 + \sqrt{5})/2$.

Nous avons démontré que θ_0 est effectivement le plus petit élément de S'. La démonstration, trop longue pour être exposée dans une Note, repose essentiellement sur deux lemmes.

1° Si une suite de nombres θ_n de S tend vers un nombre limite θ, les fractions rationnelles correspondantes $P_n(z)/Q_n(z)$ constituent, dans $|z| < 1$, une famille normale de fonctions méromorphes; on peut en extraire une suite convergente tendant, pour $|z| < 1$, vers une fraction rationnelle présentant $1/\theta$ pour pôle et dont le module est inférieur ou égal à 1 sur $|z| = 1$, l'égalité n'étant satisfaite que pour un nombre fini de valeurs de z. On en déduit que *la condition nécessaire et suffisante pour que θ appartienne à S' est qu'il existe au moins un polynome $A(z)$ à coefficients entiers tel que $|A(z)| \leqq |Q(z)|$ sur $|z| = 1$, l'égalité n'étant satisfaite que pour un nombre fini de valeurs de z.*

2° A partir du lemme de Schwarz, on établit facilement une proposition, fondamentale pour notre étude : *Soit $C(z) \equiv c_0 + c_1 z + \ldots + c_k z^k$ un polynome à coefficients entiers tel que $c_0 \geqq 1$ et que $|C(z)| \leqq |Q(z)|$ sur $|z| = 1$; si $\theta < 2$, on a $c_0 = 1$; si $\theta < \theta_0$, on a de plus $c_1 = q_1 + 1$ à moins que l'on n'ait $C(z) \equiv Q(z)$.*

Voici alors un rapide aperçu de la suite de la démonstration. Si θ appartient à S' et si $\theta < \theta_0$, il existe un polynome $A(z) \equiv a_0 + a_1 z + \ldots + a_h z^h$, à coefficients entiers, avec $a_0 \geqq 1$, vérifiant les conditions de notre premier lemme;

---

(1) *Duke Math. J.*, **11**, 1944, p. 103-108.

(2) *Duke Math. J.*, **11**, 1944, p. 597-602.

il en sera de même du polynome $B(z) \equiv \pm z^h A(1/z) \equiv b_0 + b_1 z + \ldots + b_h z^h$, où $b_0 \geqq 1$. Le second lemme montre alors que

$$a_0 = b_0 = p_0 = 1, \qquad a_1 = b_1 = p_1 = q_1 + 1.$$

Cela conduit à poser

$$\text{(I)} \qquad A(z) - Q(z) \equiv zU(z) \quad \text{et} \quad B(z) - Q(z) \equiv zV(z).$$

On remarque que $U(0) = V(0) = 1$. Le théorème de Rouché permet alors de montrer que $U(z)$ et $V(z)$ ont tous leurs zéros sur le cercle unité. En changeant z en $1/z$ dans les deux relations (I), on obtient deux autres relations entre A, B, P, U et V. On a donc en tout un système de quatre relations entre A, B, P, Q, U et V. Si $h \neq s$, la compatibilité de ces quatre relations exige $U \equiv V$, d'où $A \equiv B$; on peut alors exprimer simplement A en fonction de P et de Q; la condition $|A| \leqq |Q| = |P|$ sur $|z| = 1$ montre qu'on a nécessairement $h \leqq 0$; une étude détaillée de ces cas restants conduit à une contradiction. Si $h = s$, un raisonnement plus compliqué permet d'établir qu'on a nécessairement $U \equiv V \equiv 1$, ce qui conduit encore à une impossibilité.

Remarque. — Signalons encore les propriétés suivantes de l'ensemble dérivé S' :

1° Tout nombre θ totalement réel appartient à S'; on le démontre en prenant pour polynome A la constante 1.

2° Tout nombre θ^n, avec n entier au moins égal à 2, appartient à S'; on le démontre en prenant, pour $n = 2$ par exemple,

$$A \equiv \frac{1}{2}[P(\sqrt{z})Q(-\sqrt{z}) + Q(\sqrt{z})P(-\sqrt{z})].$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème de représentation conforme.* Note de M. **Heinz Renggli**, présentée par M. Paul Montel.

Dans la représentation conforme d'un domaine sur un autre le module du rectangle de préférence n'atteint son maximum que pour un domaine normal (théor. 2) qui sera défini à l'aide de la longueur extrémale. Si les deux domaines sont normaux, ils sont identiques. Dans la démonstration, on fait appel à un théorème d'unicité relatif aux métriques définissant la longueur extrémale (théor. 1).

1. Soient Ω, un domaine [α.] dans le plan E de la variable complexe z et $\{\gamma\}$ une famille de courbes γ[γ est définie par $z_\gamma(t)$, continue pour $0 < t < 1$] dans Ω. Si $\rho(z) \geqq 0$ définit une métrique conforme telle que

$$0 < \mathcal{F}(\rho) = \iint_\Omega \rho^2 \, dE < \infty \qquad \text{et} \qquad L(\rho) = \inf_\gamma \int_\gamma \rho \, |dz| \leqq \infty,$$

l'invariant conforme $\lambda(\gamma) = \sup_\rho [L^2(\rho)/\mathcal{F}(\rho)] \leqq \infty$ s'appelle longueur extrémale [1] [l. e.] de $\{\gamma\}$.

(1) L. Ahlfors et A. Beurling, *Acta Math.*, 83, 1950, p. 101, *voir* p. 114 et 115.

On peut poser $F(\rho)=1$, d'où résulte $\sup_\rho L^2(\rho)=\lambda(\gamma)$.

$P_1(z)$ et $P_2(z)$ sont des métriques extrémales [m. e.], si

$$\frac{L^2(P_i)}{F(P_i)}=\lambda(\gamma)<\infty \qquad \text{pour} \quad i=1,\,2.$$

THÉORÈME 1. — *S'il existe une m. e., il n'en existe qu'une partout déterminée à un facteur constant près sauf éventuellement sur un ensemble de mesure nulle.*

Démonstration. — Si $\rho_i^*(z)=k_i P_i(z)$ $(i=1,\,2)$ sont des métriques telles que $F(\rho_i^*)=1$, on obtient, pour $\rho^*=\rho_1^*+\rho_2^*$,

$$L(\rho^*)\geqq\sum_{i=1}^{2}\left[\inf_\gamma\int_\gamma\rho_i^*\,|dz|\right]=2\lambda^{\frac{1}{2}}(\gamma)$$

et

$$F(\rho^*)=2\left[1+\iint_\Omega\rho_1^*\rho_2^*\,dE\right].$$

L'inégalité de Schwarz donne

$$\iint_\Omega\rho_1^*\rho_2^*\,dE\leqq 1 \qquad \text{et par suite} \quad \frac{L^2(\rho^*)}{F(\rho^*)}\geqq\lambda(\gamma).$$

Du fait que seules les égalités sont possibles, découle la propriété énoncée.

2. Soit R le rectangle $\{0<x<a,\ 0<y<b\}$ $(z=x+iy)$. Soient D un domaine de R et $\{\gamma_D\}$ la famille de courbes situées dans D qui relient $y=0$ à $y=b$, c'est-à-dire telles que $J z_{\gamma_D}(t)\to 0$ pour $t\to 0$ et $J z_{\gamma_D}(t)\to b$ pour $t\to 1$. Si $\{\gamma_D\}$ n'est pas vide, on a $\lambda(\gamma_D)\geqq b/a$, car $\{\gamma_D\}\leqq\{\gamma_R\}$ et $\lambda(\gamma_R)=b/a$ [1]. Dans le cas de l'égalité, nous dirons que D est normal par rapport à R et nous le désignerons par N. On montre que la frontière de N est de mesure nulle. Pour tout point $p\in N$ et tout voisinage $V_{\varepsilon/2}(p)\subset N$, il existe une courbe γ_N telle que γ_N traverse $V_{\varepsilon/2}(p)$ et que $\int_{\gamma_N}|dz|<b+\varepsilon$. En outre, $\rho(z)=\text{const.}$ est la m. e.

Si l'on représente R conformément sur une couronne circulaire, on obtient, par identification appropriée des bords, des domaines normaux [d. n.] à fentes radiales ou circulaires. Par passage à la limite on définit des d. n. dans le cercle et dans le plan [2].

Soit $w(z)$ une application conforme de $N\subset R$ dans la bande $0<Rw<a$ telle que

$$\sup_{\gamma_N}\left[\overline{\lim_{t\to 0}}\,J w\big(z_{\gamma_N}(t)\big)\right]=0<B=\inf_{\gamma_N}\left[\underline{\lim_{t\to 1}}\,J w\big(z_{\gamma_N}(t)\big)\right].$$

THÉORÈME 2. — *Pour tout $w(z)$, on a $B\leqq b$ et l'égalité n'a lieu que pour $w=z$.*

([2]) *Cf.* L. AHLFORS et A. BEURLING, *loc. cit.*, *voir* p. 118-120; H. GRÖTZSCH, *Ber. Leipzig*, 83, 1931, p. 185; P. KOEBE, *Gött. Nachr.*, 1918, p. 60.

En effet, l'inégalité découle des propriétés de la l. e. ([1]). L'égalité montre que la partie de $\{\gamma_N\}$ située dans le rectangle $\{0 < \mathrm{R}\,w < a, 0 < \mathrm{J}\,w < b\}$ est normale. En se référant à la définition de la l. e. et au théorème 1, on obtient le résultat que la m. e. $\rho(z) = \text{const.}$ correspond à la m. e. $\rho(w) = \text{const.}$ dans l'application inverse $w^{-1}(z)$. Puisque $ds = \rho\,|dz|$ est une différentielle invariante ([1]), on a presque partout $|dw/dz| = \text{const.}$ Dans notre cas enfin, l'application linéaire se réduit à l'identité. Par représentation conforme et passage à la limite, on peut étendre le théorème 2 au cas des d. n. dans une couronne circulaire, dans un cercle et dans le plan ([3]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Lignes de Green et problème de Dirichlet.*
Note de M. **Marcel Brelot**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'auteur poursuit l'étude des lignes de Green dans les espaces de Green et l'utilisation de la notion de radiale introduite dans une Note précédente. En particulier, dans le cas de deux dimensions, il existe une fonction harmonique de radiale donnée (et une seule sous une condition d'« indifférence »).

1. Reprenons les espaces $\mathcal{E}$ ([1]) (comprenant en particulier les surfaces de Riemann classiques et les espaces localement euclidiens) qui, s'ils admettent une fonction de Green G_P deviennent des « espaces de Green ». On y a étudié et utilisé les lignes de Green (trajectoires orthogonales des lieux Σ_P^λ définis par $G_P = \lambda > 0$), et dans une Note récente ([2]) à laquelle il est renvoyé, on a prolongé les applications de ces lignes, grâce à la notion de radiale, ce que nous allons poursuivre ici.

2. On se placera dans un espace de Green Ω (pourvu d'un point d'Alexandroff $\mathcal{A}$ qui donne un compact Ω'). Une fonction u harmonique sera dite *indifférente* si dans tout domaine $D_P^\lambda(G_P > \lambda)$, elle vaut $H_u^{D_P^\lambda}$(solution supposée existante du problème de Dirichlet dans $D_P^\lambda \subset \Omega'$, la donnée frontière étant quelconque en $\mathcal{A}$). Il suffit que cela ait lieu pour un P. u sera *fortement indifférente* si elle est comprise entre deux fonctions indifférentes $\geqq 0$ et $\leqq 0$, c'est-à-dire égale à la différence de deux fonctions indifférentes $\geqq 0$.

u sousharmonique sera dite *mineure* si elle est majorée par une fonction harmonique indifférente. Cela équivaut à dire que (pour un ou tout P) $u \leqq H_u^{D_P^\lambda}$ et

---

([3]) *Cf.* H. Grötzsch, *Ber. Leipzig*, 80, 1928, p. 367; P. Koebe, *loc. cit.*; E. Rengel, *Schr. Math. Sem. u. Inst.*, Berlin, 1, 1933, p. 141.

([1]) Brelot et Choquet, *Ann. Inst. Fourier*, 3, 1951, p. 199-263, (Mémoire noté ultérieurement BC). Précisons que, contrairement à ce qui a été explicité là malencontreusement dans la définition des espaces $\mathcal{E}$, il faut supposer la séparation de $\mathcal{E}$ qui n'est pas conséquence des autres hypothèses.

([2]) Brelot, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 598.

que cette majorante (décroissante de λ) admet quand $\lambda \to 0$ une limite finie. Cette limite, indépendante de P, est la plus petite majorante harmonique indifférente appelée *meilleure majorante harmonique* $\bar{u}$. (Lorsque Ω est relativement compact dans un espace $\mathcal{E}$ où u se prolonge sousharmoniquement, $\bar{u}$ vaut H_u^r déjà appelée meilleure majorante harmonique dans les cas classiques).

u sousharmonique sera dite *faiblement mineure* si l'on a seulement (pour un P donc pour tous) $u \leqq H_u^{D_P^\lambda} (= \overline{H}_u^{D_P^\lambda}$ fini ou $+\infty$); elle sera dite *fortement mineure* si u^+ est mineure, c'est-à-dire si u est majorée par une fonction harmonique fortement indifférente; $\bar{u}$ est alors fortement indifférente.

Exemples. — u sousharmonique bornée supérieurement ou d'intégrale de Dirichlet finie est fortement mineure. Une fonction linéaire non constante dans R^3 est indifférente mais non fortement indifférente.

3. *Fonctions mineures et radiales.* — A côté de la radiale, qui est une fonction sur $\mathcal{L}'$ (ensemble des lignes de Green régulières issues d'un pôle fixé P) sommable pour la mesure de Green dg (correspondant à la mesure harmonique sur Σ_P^λ en P), on va introduire la *majorante radiale :* pour u par exemple sous-harmonique dans Ω, φ quelconque réelle sur $\mathcal{L}'$ sera dite majorante radiale si l'intégrale supérieure $\overline{\int} (u_l^\lambda - \varphi)^+ \, dg(l) \to 0$ avec λ (u_l^λ valeur de u sur la ligne de Green l au point $G = \lambda$).

Théorème 1. — *Si u faiblement mineure a une radiale (ou une majorante radiale sommable) u est fortement mineure et* $\bar{u}$ *admet la même radiale (resp. majorante radiale). Supposons u mineure,* $\bar{u} - u$ *a la radiale* 0 *donc si* $\bar{u}$ *a une radiale, u admet cette même radiale.*

Principe de maximum. — *Soit u faiblement mineure; si* 0 *est majorante radiale,* $u \leqq 0$; *si* φ *est majorante radiale,* $u(P) \leqq \int \varphi \, dg$.

Donc pour φ sommable sur $\mathcal{L}'$, il y a au plus une fonction harmonique indifférente admettant φ pour radiale. On va chercher s'il en existe.

4. *Radiales et problème de Dirichlet.* — Théorème 2. — *Pour les problèmes de Dirichlet particuliers connus (ordinaire, ramifié, géodésique) et même pour le problème général de* (BC) nos 27-28 *lorsque presque toutes les lignes de* $\mathcal{L}'$ *convergent dans la topologie correspondante (pour* $G_P \to 0$), *toute solution existante est fortement indifférente et admet une radiale* (de pôle P).

Théorème 3. — *Soit* φ *quelconque sur* $\mathcal{L}'$. *Considérons pour les fonctions sousharmoniques u les conditions suivantes :*

a_1. *u est bornée supérieurement;*

a_2. *u est faiblement mineure;*

b_1. *u admet une radiale* $\leqq \varphi$;

b_2. *u admet* φ *comme majorante radiale.*

Les fonctions égales à $-\infty$ *ou sousharmoniques et satisfaisant à une* a_i *et une*

b_j *admettent une enveloppe supérieure* $-\infty$, $+\infty$ *ou harmonique indifférente. On considère aussi les opposées des enveloppes analogues correspondant à* $-\varphi$; *elles majorent les premières enveloppes.*

Si φ *est radiale d'une fonction harmonique indifférente* U (*par exemple la solution d'un problème du théorème* 2), *les huit fonctions précédentes valent* U. *Si et seulement si* φ *est sommable et si* Ω *est à deux dimensions, les huit fonctions coïncident avec une fonction harmonique d'ailleurs fortement indifférente et de radiale* φ (ce qui n'aurait pas toujours lieu dans R^3).

ANALYSE SYMBOLIQUE. — *Application de la transformation de Laplace à deux variables, à la résolution d'équations fonctionnelles.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de montrer sur un exemple l'intérêt de l'emploi du calcul symbolique à deux variables pour la résolution d'équations fonctionnelles.

Considérons l'équation d'inconnue $\varphi(s)$

$$\begin{aligned}\frac{u^n\varphi(u)-v^n\varphi(v)}{u-v}+\frac{u\varphi(u)-v\varphi(v)}{u-v} &= A_0[u^{n-2}+u^{n-3}v+\ldots+uv^{n-3}+v^{n-2}]\\ &+A_2[u^{n-3}+u^{n-4}v\ldots+uv^{n-4}+v^{n-3}]\\ &+\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &+A_{n-3}[u+v]+A_{n-2},\end{aligned}$$

où les A_0, A_1, ..., A_{n-2} sont des constantes.

Considérons une fonction $\Phi(z)$ admettant, au sens de Laplace, une transformée $\varphi(s)$ dans une transformation à une variable; on sait que dans l'analyse symbolique à deux variables, on a les correspondances

$$\frac{u\varphi(u)-v\varphi(v)}{u-v}\subset-\Phi(x+y);$$

$$\begin{aligned}\frac{u^n\varphi(u)-v^n\varphi(v)}{u-v}&-\Phi(0)[u^{n-2}+u^{n-3}v+\ldots+v^{n-2}]\\ &-\Phi'(0)[u^{n-3}+u^{n-4}v+\ldots+v^{n-3}]\\ &-\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &-\Phi^{(n-3)}(0)[u+v]-\Phi^{(n-2)}(0)\qquad\subset-\Phi^{(n)}(x+y).\end{aligned}$$

Dans ces conditions, en posant

$$\Phi(0)=A_0,\qquad\Phi'(0)=A_2,\qquad\ldots,\qquad\Phi^{(n-2)}(0)=A_{n-2},$$

il apparaît que l'équation fonctionnelle envisagée est la transformée, dans une correspondance à deux variables, de l'équation

$$\Phi^{n)}(x+y)+\Phi(x+y)=0,$$

il en résulte

$$\Phi(z)=\sum_{k=1}^{n}\alpha_k e^{r_k z},$$

expression dans laquelle les $r_k(k=1, 2, \ldots, n)$ représentent les racines $n^{\text{ièmes}}$ de -1 et où les α_k sont des constantes, au nombre de n, qui doivent satisfaire aux relations

$$A_0 = \Phi(0) = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k,$$

$$A_1 = \Phi'(0) = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k r_k,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$A_{n-2} = \Phi^{(n-2)}(0) = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k r_k^{n-2}.$$

Nous possédons ainsi un système de $(n-1)$ équations, d'inconnues α_1, $\alpha_2, \ldots, \alpha_n$; on pourra le résoudre en donnant à α_n, par exemple, une valeur arbitraire, les solutions existeront toujours car le déterminant du système est du type de Vandermonde.

En définitive, après détermination des a_k, la solution de l'équation fonctionnelle envisagée s'écrira

$$\varphi(s) = \sum_{k=1}^{n} \frac{\alpha_k}{s - r_k}$$

et elle dépendra d'une constante arbitraire.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Intervalles de contrôle pour l'extrapolation des plus grandes valeurs.* Note de M. E. J. **Gumbel**, présentée par M. Maurice Fréchet.

La probabilité d'une plus grande valeur réduite d'être inférieure à y est

$$\Phi(y) = \exp[-e^{-y}], \tag{1}$$

pourvu que la distribution initiale soit du type exponentiel. Soit

$$T(y) = \frac{1}{1 - \Phi(y)} \tag{2}$$

la durée de retour; alors nous affirmons : pour de grandes valeurs de T la probabilité pour que la plus grande valeur correspondant à T arrive pendant l'intervalle 0,32 T jusqu'à 3,13 T est à peu près 2/3. Pour la preuve considérons deux valeurs réduites $y \pm \Delta$ dont les durées de retour sont d'après (1) et (2) et pour de grandes valeurs de T

$$T(y \pm \Delta) = T(y)\, e^{\pm\Delta} + \frac{1 - e^{\pm\Delta}}{2}. \tag{3}$$

Nous choisissons Δ de sorte que la probabilité pour une valeur réduite d'être contenue dans l'intervalle $y \pm \Delta$ soit $P = 0{,}68\,269$, ce qui correspond à l'intervalle formé par l'addition et la soustraction de l'écart type à la valeur moyenne dans la distribution normale. Puisque la plus grande valeur y correspondant à T est la plus grande valeur la plus probable et puisque la distribution de la plus grande valeur pour n observations obtenues pour la distribution (1) est la distribution (1) transformée vers la droite, on obtient d'après (3)

$$\Delta = 1{,}14\,078.$$

Il en résulte

$$(4) \qquad \begin{cases} T(y+\Delta) = 3{,}12\,918\,T - 1{,}06\,459, \\ T(y-\Delta) = 0{,}31\,957\,T + 0{,}34\,021, \end{cases}$$

ce qui prouve le théorème énoncé. L'intervalle est indépendant des paramètres qui existent dans la formule (1), si au lieu de la plus grande valeur réduite y nous introduisons la plus grande valeur x elle-même et peut servir comme contrôle pour la plus grande valeur de $n\,(\geqq 27)$ observations et pour l'extrapolation. Par exemple, le débit de crue correspondant à une durée de retour de 200 années arrivera dans l'intervalle de 64 à 625 années avec une probabilité de 2/3. Le fait remarquable que l'intervalle de contrôle ne dépend pas du nombre d'observations est dû à la stabilité de la distribution initiale (1). Il en résulte que cet intervalle ne peut pas être amoindri par l'augmentation du nombre d'observations.

MÉCANIQUE. — *Transformations infinitésimales et intégration des équations différentielles de la mécanique.* Note (¹) de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Notre but est de montrer que l'étude de l'intégration du système différentiel Σ associé à une forme Ω de degré deux de rang $2n$ définie sur une variété V_{2n+1} à $(2n+1)$ dimensions, dans le cas où $d\Omega \neq 0$ peut s'effectuer au moyen des opérateurs θ, i, d, définis par M. H. Cartan (²).

Le champ caractéristique associé à Σ sera noté E et on a : $i(E)\,\Omega = 0$.

Théorème I. — *A tout $x \in T$ correspond une forme de Pfaff π nulle sur les lignes intégrales de Σ; réciproquement, à toute forme de Pfaff π, nulle sur les lignes intégrales de Σ correspond un élément $x \in T$ modulo* E.

Intégrale première de Σ. — On appelle intégrale première de Σ toute forme

---

(¹) Cette Note fait suite à ma Note *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1277, dont je reprends les notations.

(²) *Colloque de topologie*, Bruxelles, Masson, Paris, 1951, p. 15 à 27, référence notée C dans la suite.

de Pfaff $\bar{\pi}$ fermée nulle sur les lignes intégrales de Σ. A toute forme $\bar{\pi}$ correspond au sens du théorème précédent un $\bar{x}$.

Transformation infinitésimale. — Une forme $\Omega \in A(T')$ est dite admettre une transformation infinitésimale définie par l'opératenr $\theta(X)$ si $\theta(X)\Omega = 0$. Il en résulte que le système Σ admet la transformation infinitésimale définie par le même opérateur.

THÉORÈME II. — *Si à* $X \in T$ *correspond une transformation infinitésimale de* Σ, *si à* $\bar{x} \in T$ *correspond une intégrale première de* Σ, *au crochet de Lie* $[X, \bar{x}] \neq 0$ *correspond une nouvelle intégrale première de* Σ *dont l'expression est* $i(X \wedge \bar{x})\Omega$.

Ce théorème est une conséquence immédiate de la relation entre opérateurs établie par M. H. Cartan ([3]).

$$\iota([x, y]) = \theta(x)\, i(y) - i(y)\, \theta(x).$$

THÉORÈME III. — *Sur l'algèbre* $A(T')$ *on a entre les opérateurs définis ci-dessous la relation* ([4])

$$\theta(x)\iota(y) - \theta(y)\, i(x) = i([x, y]) - i(x \wedge y)\, d + d(\iota(x \wedge y)).$$

Définition. — Nous dirons que r éléments $X^1, X^2, \ldots, X^r$ appartenant à T, générateurs de transformations infinitésimales pour Ω, forment un système complet si $[X^\rho, X^\sigma] = \gamma_\tau^{\rho\sigma} X^\tau$, $\gamma_\tau^{\rho\sigma}$ étant des fonctions.

LEMME. — *On peut choisir d'une infinité de manières* $2n$ *éléments* $x^1, \ldots, x^{2n}$, *tels que la valeur de* $i(X^\iota)\, i(x^j)\Omega = i(X^\iota \wedge x^j)\Omega$ *soit égale à* 1 *pour* $j = i$, *et à* 0 *pour* i *différent de* j.

Soient $\pi^\iota = i(x^\iota)\Omega$, i (1 à $2n$) les formes de Pfaff correspondantes.

THÉORÈME IV. — *Le système des* $(2n - r)$ *formes de Pfaff* $\pi^{r+1}, \ldots, \pi^{2n}$ *est complètement intégrable, et les r formes* $\pi^1, \ldots, \pi^2$ *sont des formes invariantes.*

Il suffit pour cela d'appliquer le théorème III aux $2n$ formes et de tenir compte de leur définition. Ce résultat constitue une mise au point définitive des résultats de M. E. Cartan ([5]).

En combinant le théorème IV avec la notion de liaison introduite dans ma Note ([6]), nous pouvons former des cas d'intégrabilité nouveaux pour les systèmes matériels à un nombre fini de degrés de liberté, pour les systèmes avec frottement, et avec asservissement. Ces applications font l'objet d'une publication ultérieure.

([3]) *Cf.* C, p. 18, formule (II).

([4]) Signalons que M. J.-L. Koszul a, dans sa thèse, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 78, 1950, p. 71, considéré des endomorphismes analogues, sans les appliquer aux problèmes envisagés.

([5]) E. CARTAN, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, Hermann, 1922, p. 163.

([6]) *Cf.* GALLISSOT, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2148.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'existence des écoulements plans, permanents, irrotationnels, uniformes à l'infini, des liquides incompressibles.* Note de M. **Robert Gerber**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le plan vertical du mouvement $z = x + iy$, on définit au moyen de son équation intrinsèque $\theta = \theta(l)$, une courbe (S), douée d'asymptotes horizontales; θ est l'angle orienté de la demi-tangente à (S), au point d'abscisse curviligne $l(-\infty \leqq l \leqq +\infty)$, orientée dans le sens des l croissants; $-\pi/2 < \theta(l) \leqq 0 (-\infty \leqq l \leqq +\infty)$; $d\theta/dl$ existe et est bornée.

Nous nous proposons de construire dans le plan z un écoulement irrotationnel, permanent, d'un liquide parfait pesant, uniforme aux infinis aval et amont (de vitesse V_0 donnée à l'infini amont) de débit ψ_0 donné; le domaine $\mathcal{A}$ du liquide en mouvement est limité par (S) et par la ligne libre (L), de forme *a priori* inconnue. Le problème revient à déterminer, dans la bande indéfinie $\mathcal{D}$, $0 \leqq \psi \leqq \psi_0$, du plan du potentiel complexe $f = \varphi + i\psi$, la fonction holomorphe et univalente $z(f)$ qui réalise la représentation conforme de $\mathcal{D}$ sur $\mathcal{A}$; l'axe $\psi = 0$ a (S) pour image; les points à l'infini se correspondent. De plus, en posant

$$\frac{df}{dz} = V_0 e^{-i\omega(f)}; \qquad \omega = U + iT,$$

on doit avoir [1]

$$\omega(-\infty + i\psi) = 0; \qquad \omega(+\infty + i\psi) = \text{limite finie, inconnue } a\ priori,$$

$$e^{3T}\frac{dT}{d\varphi} + \frac{g}{V_0^3}\sin U = 0; \qquad U \leqq 0 \qquad \text{pour } \psi = \psi_0, \quad -\infty < \varphi < +\infty.$$

Supposons le problème résolu. Posons $F(\varphi) = T(\varphi + i\psi_0)$ et soit $l(\varphi)$ la correspondance entre (S) et son image. Les formules de M. Villat permettent de former le système intégro-différentiel Σ vérifié par ces inconnues; une fois $F(\varphi)$ et $l(\varphi)$ déterminées, $z(f)$ est connue. Un lemme de M. J. Leray, précisé par M. J. Kravtchenko [2] fournit *a priori* pour $l(\varphi)$ et $\theta[l(\varphi)]$ des modules de continuité si $\mathcal{A}$ est simplement connexe. Moyennant des artifices convenables, Σ est remplacé par une équation fonctionnelle unique $\Sigma^\star: x = F(x)$, où x est un élément d'un espace de Banach $\mathcal{E}$, et F une transformation complètement continue opérant sur $\mathcal{E}$; toute solution de Σ est une solution de $\Sigma^\star$. Cette réduction de Σ et $\Sigma^\star$ constitue la partie la plus délicate de la théorie. Cela étant :

---

(1) Les écoulements de l'espèce ci-après ont été étudiés par M. Poncin, qui a formé la solution indéterminée correspondante (*Publ. Scient. et Techn. Minist. Air*, 16, 1932, p. 43-86). La condition $U \leqq 0$ élimine *a priori* toute une classe d'écoulements possibles.

(2) *J. Math. pures et appl.*, 20, 1941, p. 151.

1° Les solutions éventuelles de Σ^* sont bornées dans leur ensemble; la fonction $z(f)$ correspondante est univalente si

$$\text{Max}\,|\theta(l)|\,.\,\frac{g\psi_0}{V_0^3}<1. \tag{1}$$

Les critères de J. Schauder et de M. J. Leray permettent alors d'affirmer l'existence d'au moins une solution de Σ^*.

2° Si les données vérifient les conditions :

$$|\theta(l)|\leq A\,e^{-\alpha|l|}; \tag{2}$$

$$\frac{g\psi_0}{V_0^3}<1, \tag{3}$$

où α et A sont des constantes positives, toute solution de Σ^* est solution de Σ. On conclut de là que le problème posé admet au moins une solution chaque fois que les données vérifient (1), (2), (3).

HYDRAULIQUE. — *Résultats de recherches concernant les origines des mouvements à longue période observés dans les ports maritimes.* Note de M. **Jean Laurent**, présentée par M. Henri Villat.

Des résultats concordants d'études théoriques, d'essais sur modèle réduit et d'observations en nature ont démontré que les mouvements horizontaux à longue période constatés dans certains ports, rades, etc. sont des phénomènes de résonance de la masse d'eau intéressée sous l'effet des trains d'ondes de la houle.

Des procédés simples ont été définis, qui permettent de supprimer ou d'atténuer ces phénomènes.

Nous résumons ici nos études sur les mouvements horizontaux à longue période, constatés dans certains ports maritimes, rades, etc., et qui occasionnent fréquemment, comme on le sait, des ruptures d'amarres.

Ces études ont été conduites en associant étroitement la théorie, les observations sur place [1] et les essais sur maquette [2].

Ainsi qu'on le verra, nous sommes parvenu, d'une part, à établir que, suivant une hypothèse que nous avions émise depuis longtemps, les phénomènes en question sont dus au fait que la houle se propage par trains d'ondes — et, d'autre part, à trouver un moyen pratique permettant de les supprimer ou, tout au moins, de les atténuer.

Nos premiers essais ont eu pour objet de reproduire des mouvements horizontaux à longue période dans un bassin rectangulaire, représenté sur la figure 1. On remarque, à droite, une jetée poreuse séparant le bassin proprement dit du large, disposition fréquemment rencontrée. Ayant engendré dans le modèle des houles fluctuantes comportant des trains

---

[1] J. Laurent, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1203.

[2] Les essais ont été entrepris, depuis douze ans, au Laboratoire Central d'Hydraulique.

d'ondes analogues à ceux que nous avions observés en nature, nous avons obtenu, dans le bassin, des mouvements horizontaux, décelés par le déplacement de petits flotteurs peints en blanc (*fig.* 1).



Fig. 1.

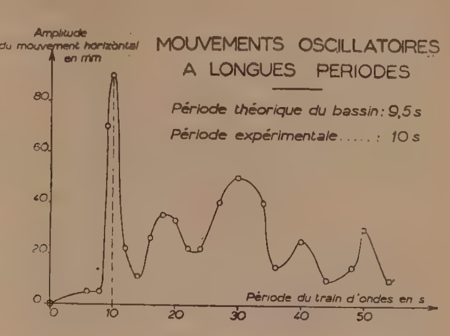


Fig. 2.

Précisons que, pour une hauteur moyenne des vagues, au large, de 4 m, l'amplitude du mouvement correspondant est de 14 m en nature, environ, ce qui correspond bien à l'ordre de grandeur du phénomène observé dans certains cas.

On constate, par ailleurs (*fig.* 2), que l'amplitude du mouvement passe par un maximum lorsque la période des trains d'ondes est un multiple de 10 s. Or le calcul montre que la période propre du bassin est de 9,5 s. Cette concordance montre que les phénomènes étudiés sont dus à la résonance du bassin, dont la période propre est égale à la période des trains d'ondes excitateurs.

Signalons que des observations en nature de H. Munk (U. S. A.) et J. Tucker (G.-B.) sont venues confirmer notre théorie d'une manière concluante : il existe, dans la réalité, des mouvements lents d'oscillation horizontale de certains plans d'eau côtiers dont la période concorde avec celle des trains de vagues arrivant du large.

Poursuivant nos recherches en associant les considérations théoriques et l'expérience, nous avons trouvé des procédés permettant de réduire, de façon importante, l'amplitude de ces mouvements horizontaux.

Pour un bassin rectangulaire, de longueur L et de profondeur moyenne H, les différentes périodes de résonance sont données par la formule

$$T = \frac{2L}{k\sqrt{gH}}, \qquad (1)$$

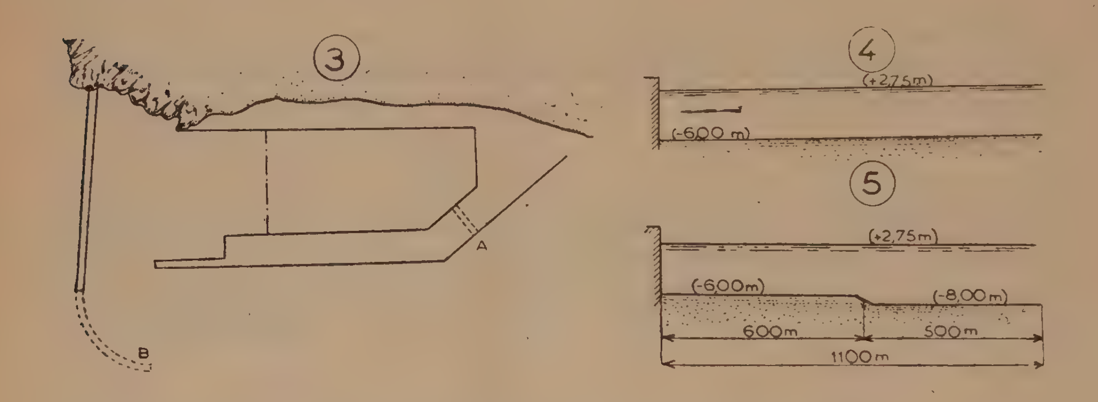
et l'amplitude maximum du mouvement horizontal est de la forme

$$\lambda = \frac{2aL}{\pi H}, \qquad (2)$$

a étant l'amplitude moyenne de la houle.

La formule (2) suggère d'accroître H, c'est-à-dire de réaliser un approfondissement de l'ensemble du bassin pour atténuer les mouvements à longue période. Cet effet s'obtient, non seulement par l'augmentation de profondeur [form. (2)], mais, aussi, par le fait que la période propre du bassin est changée, et ne coïncide plus avec celle des trains d'ondes [form. (1)].

Ce procédé étant généralement d'application coûteuse, nous avons recherché une solution plus pratique, en particulier par un approfondissement du bassin, limité à certaines régions convenablement choisies. Nos travaux ont montré que l'on obtient ainsi un résultat équivalent à celui donné par un approfondissement de l'ensemble du bassin, à condition que les régions approfondies soient celles coïncidant avec les « ventres » des mouvements horizontaux.



Par exemple, un bassin rectangulaire de 1100 m de longueur, 300 m de largeur et 6 m de profondeur sous basse-mer (*fig.* 3 et 4) peut être le siège d'une oscillation horizontale en quart d'onde, uninodale, de période égale à 228 s, et dont l'amplitude peut atteindre 40 m, le ventre du mouvement se trouvant au voisinage de la passe d'entrée, Un approfondissement de 2 m environ de cette région (*fig.* 3 et 5) réduit l'amplitude des mouvements, dans une proportion variant de 56 à 80 %.

Dans d'autres cas, nous avons réussi, par la création d'ouvertures dans certains ouvrages du bassin (*fig.* 3 A), ou bien par l'aménagement d'ouvrages appropriés au voisinage de son entrée (*fig.* 3 B), à réduire très sensiblement l'amplitude des mouvements horizontaux à longue période.

Les ports maritimes peuvent donc être protégés efficacement contre ces phénomènes, par des moyens aussi simples que possible. Dans chaque cas, des essais sur modèle réduit, appuyés sur le calcul et sur les observations en nature sont indispensables pour déterminer le procédé le meilleur, ainsi que les caractéristiques optima des travaux à réaliser.

ASTRONOMIE GÉODÉSIQUE. — *Sur l'emploi de l'astrolabe à pendule en astronomie géodésique.* Note de M. **Bertrand Imbert**, présentée par M. André Danjon.

L'astrolabe à pendule, construit aux États-Unis pour la détermination des positions géographiques a été employé pour la première fois dans l'Union Française par l'Expédition en Terre Adélie. Des expériences préalables exécutées en France ont montré que sa précision était très satisfaisante pour les travaux en campagne.

L'Expédition française en Terre Adélie a utilisé en 1950-1951, un astrolabe à pendule pour déterminer la position géographique du point fondamental de la triangulation locale et celle d'un certain nombre de points de contrôle du levé photogrammétrique aérien.

L'instrument imaginé en 1942 par l'astronome américain John E. Willis pour appliquer la méthode des hauteurs égales à la détermination des positions géographiques est assez répandu aux États-Unis où il prend la place des astrolabes à prisme ([1]). L'appareil utilisé en Terre Adélie est, à notre connaissance, le premier exemplaire acquis par une nation européenne.

L'appareil dérive directement de la lunette coudée de La Baume Pluvinel ([2]), mais le bain de mercure de ce dernier instrument a été remplacé par un miroir plan, disposé horizontalement dans une suspension pendulaire.

On démontre que, même si le nivellement n'est pas rigoureux, la hauteur instrumentale d'observation reste la même (environ 60°) si les réglages optiques sont corrects, bien que le miroir éprouve alors une légère inclinaison résiduelle en raison de l'élasticité des lames de suspension. Le grossissement de la lunette est de 80, ce qui permet d'observer les étoiles jusqu'à la magnitude 6; le réticule comporte 5 fils curvilignes dessinant des cercles de hauteur; on note la moyenne des 5 pointés obtenus. L'appareil est particulièrement léger, peu encombrant et d'un maniement très simple, qualités qui l'ont fait choisir pour les travaux dans l'Antarctique.

Il a paru utile de s'assurer par des expériences préalables en France que l'instrument conduisait à une précision suffisante et qu'en particulier il ne s'introduisait aucune erreur systématique dans la définition de la verticale locale. Les séries d'observations portaient sur une dizaine d'étoiles bien réparties en azimut. Elles eurent lieu au Service Hydrographique de la Marine à Paris et au séminaire d'astronomie de l'Institut Géographique National à Goult (Vaucluse). Les pointés étaient généralement effectués par la « méthode de l'œil et de l'oreille » qui consiste à interpoler le passage de

---

([1]) J. E. Willis, *Trans. Am. Geoph. Un.*, **27**, n° **1**, 1946, p. 1-7.

([2]) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 535; Mme E. Chandon et A. Gougenheim, *Revue hydrographique*, **12**, n° **1**, 1935.

l'étoile derrière un fil entre les secondes du garde-temps écoutées au casque téléphonique. Pour la réduction des observations, on s'est servi de la résolution graphique habituelle des observations de hauteurs égales. Les positions géographiques des deux stations étaient connues avec précision en raison de nombreuses déterminations antérieures avec des appareils sensiblement plus précis. Les écarts en latitude fournis par l'astrolabe à pendule par rapport à ces positions n'ont pas dépassé 0",5. En outre, il a été effectué dans la région de Goult un ensemble d'observations avec des instruments de campagne qui a donné les résultats suivants, ramenés à un même point :

Instrument.	Mode observation.	Latitude N.	Longitude E.
Théodolite Wild « T 3 » à niveau décalé......	Chronographe imprimant	44° 00′ 15″,77	20m 9s,02
Théodolite Wild « T 3 » à niveau décalé......	« œil et oreille »	44 00 15 ,96	20 8 ,81
Astrolabe à pendule....	»	44 00 16 ,00	20 9 ,00

Le tableau suivant fournit quelques indications sur la précision obtenue dans les déterminations effectuées à l'astrolabe à pendule tant en France qu'en Antarctique. En outre, les deux dernières colonnes donnent à titre de comparaison les mêmes éléments résultant de deux séries d'observations effectuées avec des astrolabes à prisme de modèle géodésique. La première de ces séries qui date de 1906, figure en exemple dans l'ouvrage de Claude et Driencourt [3]; les observations y ont été faites également à l'œil et à l'oreille, et il a seulement été tenu compte des observations notées « très bonnes » par l'opérateur, soit 17 sur un total de 48 pointés. La seconde série a été faite avec un appareil plus moderne en 1933 à San Diégo, lors de la deuxième révision des longitudes mondiales [4]; les pointés étaient inscrits sur un chronographe enregistreur.

		Astrolabe à pendule.			Astrolabe à prisme.	
Lieu d'observation........		Paris.	Goult.	Terre Adélie.	Montsouris.	San-Diego.
Nombre d'étoiles observées............		18	29	75	17	56
» de séries......................		2	3	5	1	1
Écarts entre les droites de hauteur et le cercle enveloppe	Écart maximum....	0″,7	1″,5	2″,1	2″,4	2″,1
	Moyenne des valeurs absolues des écarts.	0″,30	0″,55	0″,66	1″,08	0″,77
	Pourcentage d'écarts > 0″,3..........	45	57	69	76	70

Pour faire une comparaison équitable entre les observations à l'astrolabe à prisme et à l'astrolabe à pendule, il convient de ne pas oublier que les premières

(3) *Description et usage de l'astrolabe à prisme*, Paris, 1910, p. 360.

(4) Observations de M. A. Gouhenheim, Service hydrographique de la Marine.

résultent de pointés uniques sur les étoiles tandis que les secondes correspondent à la moyenne de cinq pointés.

Ces résultats permettent de classer l'astrobale à pendule dans la série des instruments de campagne de bonne précision. Ils sont à rapprocher de résultats analogues obtenus aux États-Unis par les soins du Coast and Geodetic Survey, au cours d'une série de comparaisons systématiques avec un instrument universel de Bamberg ([5]).

Il convient d'ajouter que la commodité d'emploi du nouvel instrument a permis d'exécuter en Terre Adélie des déterminations de positions géographiques dans des conditions de vent et de température qui auraient certainement prohibé l'emploi d'appareils à bain de mercure.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les zéros des relations période-luminosité des Céphéides et des R R Lyræ.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Chazy.

Dans une réunion de la Commission des nébuleuses extragalactiques tenue en septembre dernier au congrès de Rome de l'Union astronomique internationale, Baade, astronome aux observatoires du Mont Wilson et du Mon-Palomar, exposa le principal résultat de ses recherches sur la nébuleuse extragalactique M 31 observée au moyen du grand télescope du Mont Palomar. Le zéro de la relation période-luminosité des Céphéides diffère considérablement de celui des R R Lyræ; les deux courbes ne se raccordent donc pas, les Céphéides étant considérablement plus brillantes qu'on ne le croyait jusqu'à présent.

Dans cette Note je désire souligner que j'avais déjà obtenu ce résultat il y a une dizaine d'années ([1]).

J'étais parti du zéro (+ 0,3) proposé par Emden et supposé commun aux deux courbes. J'avais apporté à ce zéro des corrections prises comme inconnues, ainsi par ailleurs que des corrections à la constante d'absorption interstellaire, et j'avais apporté également des corrections inconnues aux constantes de la translation solaire et de la rotation galactique. La comparaison des vitesses radiales et des mouvements propres m'avait permis de déterminer ces corrections, et j'avais trouvé pour zéro :

$$\text{R R Lyræ } M_0 = -0,32, \qquad \text{Céphéides } M_0 = -1,54,$$

c'est-à-dire presque exactement ce que Baade confirme maintenant.

([5]) F. R. Gossett et A. D. Sollins, *Trans. Am. Geoph. Un.*, 27, n° v, 1946, p. 629-631.

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 445 et *Annales d'Astrophysique*, 7, 1944, p. 160.

Le résultat relatif aux Céphéides a pour principal effet de doubler les distances des étoiles lointaines, ainsi què celles des nébuleuses extragalactiques et leurs dimensions.

Par ailleurs Mme Henri Berthod-Zaborowski, partant des zéros que je venais d'obtenir, a vérifié (2) qu'avec ces nouvelles constantes l'observation était correctement représentée sans corrections complémentaires.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Les conditions physiques dans les grandes taches solaires déduites de leur spectre.* Note de M. **Raymond Michard**, présentée par M. André Danjon.

La température, la pression électronique et la pression gazeuse au centre d'une grande tache ont été déterminées en fonction des profondeurs optique puis géométrique, à partir des observations du spectre continu publiées par l'auteur (1) et des observations du spectre de raies dues à Ten Bruggencate et Von Klüber (2).

Observations et calculs s'appliquent à une grande tache, dont *l'ombre* a une aire de l'ordre de 80 millionièmes d'hémisphère et un champ magnétique d'environ 3000 gauss (3).

a. Modèle de la photosphère normale. — Les données sur les taches étant obtenues par comparaison avec la photosphère, il importe de disposer d'un bon modèle pour celle-ci. Le nôtre a été calculé à partir des observations du spectre continu visible et infrarouge (4) par des méthodes connues (5); nous avons admis une teneur en hélium négligeable, et une teneur en métaux aisément ionisables $1/A = 10^{-4}$ de la teneur en hydrogène. Les coefficients d'absorption sont ceux de H^- (Chandrasekhar et Breen) avec une contribution de H_2^+ (6) aux grandes profondeurs. Au voisinage de la surface le modèle initial a subi une petite correction de manière a obtenir un parfait accord entre les températures d'excitation calculées et observées pour Ti et Fe.

b. Étude du continu de la tache-type. — Les fonctions-sources et les relations $\tau_\lambda(T)$ ont été déduites de nos observations. Nous avons montré qu'au moins pour le visible et l'infrarouge, l'absorption dans la tache est due à H^-.

---

(2) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 123

(1) R. Michard, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 791.

(2) *Z. Astrophys.*, 18, 1938, p. 284; *Veröff. Univ. Sternw. Göttingen*, 78, 1944.

(3) Les quantités relatives à la tache sont affectées du signe '.

(4) D. Chalonge et R. Canavaggia, *Ann. Astrophys.*, 9, 1946, p. 143; *ibid.*, 13, 1950, p. 355; R. Peyturaux, *Thèse*, Paris, 1952 (sous presse aux *Ann. Astrophys.*).

(5) *Cf.* D. Chalonge et V. Kourganoff, *Ann. Astrophys.*, 9, 1946, p. 69; B. Strömgren, *Physica*, 12, 1946, p. 701; R. Peyturaux, *loc. cit.*

(6) D. R. Bates, *Month. Not. Roy. Astr. Soc.*, 112, 1952, p. 40.

En particulier, le spectre continu infrarouge entre 1 et 2,5 μ calculé à l'aide de nos observations du visible et des coefficients d'absorption de H^-, concorde parfaitement avec les observations de Pettit et Nicholson (7).

c. *Étude du spectre de raies.* — L'interprétation des raies faibles peut se faire en toute rigueur au moyen de la théorie de Minnaert. L'intensité d'une raie faible d'un atome ionisé n fois ($n = 0$ ou 1) est

$$(1) \qquad W(m\text{Å}) = 5{,}28 \,.\, 10^{-6} g_i f \lambda^2 A_{el} \int_0^{\infty} \frac{\psi \,.\, 10^{-\chi_i \theta}}{u_{n+1} + u_n p_e \psi} \frac{G}{\varkappa_\lambda / p_e} \, d\tau_\lambda,$$

avec $\psi = 10^{-9{,}09} \theta^{5/2} \,.\, 10^{\chi_n \theta}$; $\theta = 5040\, T$; χ_i, χ_n, potentiels d'excitation, d'ionisation; G, fonction de poids.

Avec l'absorbant H^-, $\varkappa_\lambda / p_e$ est indépendant de p_e de sorte que W ne dépend de p_e que par le terme $u_n p_e \psi$ au dénominateur. Deux cas peuvent alors se présenter :

raies d'un élément presque entièrement ionisé $n+1$ fois : $u_n p_e \psi$ est négligeable; W est indépendant de p_e : cas de Fe, Ti dans la photosphère, de Ti dans la tache;

raies d'un élément presque pas ionisé $n+1$ fois : $u_n p_e \psi$ est prépondérant et W dépend de p_e; cas de Fe dans la tache, de Ti^+ dans tache et photosphère.

Les raies observées dans (2) ne sont pas faibles, mais divers auteurs (8) ont indiqué que l'on pouvait réduire la largeur équivalente W d'une raie forte à la valeur w qu'elle aurait en l'absence de saturation, au moyen de la courbe de croissance (CC). Pour cela, il est nécessaire que la CC soit très bien déterminée, surtout la position de la partie à 45° par rapport au reste de la courbe. Nous avons amélioré à ce point de vue les CC données dans (2) : les CC *relatives à* Ti ont été reconstruites en portant en abscisses la quantité w calculée au moyen de la formule (1) (pratiquement indépendante de p_e !) et en ordonnées la largeur W observée. Les CC obtenues ont en gros la même forme que celles de (2) sauf dans la partie « raies faibles » où elles s'en écartent notablement.

A l'aide des courbes de croissance ainsi tracées, nous avons déterminé les quantités $(w'/w)_{\text{obs}}$ pour Ti^+ et Fe. Portant en abscisses le potentiel d'excitation et en ordonnées $\log(w'/w)$, on obtient une droite dont la pente indique la différence des températures d'excitation dans la tache et la photosphère. Pour les spectres de Fe et Ti^+ nous trouvons $\theta'_e - \theta_e = 0{,}27$ en bon accord avec (2). D'autre part, on peut calculer w par la formule (1), et aussi w' en faisant diverses hypothèses sur la valeur du rapport p'_e/p_e dans les couches « optiques » étudiées. En comparant $(w'/w)_{\text{calc}}$ à $(w'/w)_{\text{obs}}$, on trouve p'_e/p_e.

Pour une grande tache assez bien observée, nous avons mesuré une discon-

---

(7) *Contr. Mount Wilson Obs.*, 18, 1929-1930, p. 121.

(8) W. J. Claas, *Rech. Astr. Obs. Utrecht*, 12, 1951, p. 1; J. C. Pecker et H. Van Regemorter, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1850.

tinuité de Balmer D = 0,015. Une si faible perturbation du spectre continu peut se calculer comme l'aile d'une raie large, par la méthode des fonctions de poids, et l'on peut en déduire une valeur du rapport p'_e/p_e aux très grandes profondeurs optiques.

On a finalement obtenu les résultats suivants, chacun se rapportant à la profondeur « effective » indiquée :

Spectre.	Fe ($\chi_i = 0$).	Fe ($\chi_i = 3^{eV}$).	Ti⁺ ($\chi_i = 1^{eV}$).	H (disc. Balmer).
τ_{5000}^{eff}	0,08	0,15	0,15	4
$\frac{p'_e}{p_e}$	—1,10	—0,70	—0,69	—2,10

Ces données et les valeurs connues de p_e dans la photosphère ont été combinées pour trouver la loi $p'_e(T)$. On calcule alors immédiatement la pression gazeuse dans la tache par la théorie de l'ionisation ; puis la profondeur géométrique h peut être calculée par la relation $d\tau_\lambda = \varkappa_\lambda \rho \, dh$. Le modèle ainsi obtenu pour la tache-type, de manière purement empirique et sans faire appel à l'équation d'équilibre hydrostatique, est donné dans le tableau, avec le modèle photosphérique utilisé comme terme de comparaison.

τ_{5000}.	θ.	$\log p$.	$\log p_e$.	h.	θ'.	$\log p'$.	$\log p'_e$.	h.
0,02	1,117	4,105	—0,05	0	1,353	3,79	—0,88	0
0,05	1,060	4,37	0,23	77	1,300	3,955	—0,61	413
0,15	0,971	4,64	0,62	167	1,204	4,195	—0,20	927
0,50	0,851	4,885	1,28	256	1,098	4,395	0,20	1 620
1,0	0,782	4,985	1,765	300	1,035	4,545	0,43	2 120
3,0	0,662	5,085	2,75	345	0,918	4,79	0,92	2 975

Quelques conséquences de ces résultats seront discutées ultérieurement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la vie moyenne de la particule* V_1^0. Note de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est possible d'expliquer les vies moyennes de V_1^0 et de π au moyen d'une seule constante de couplage, à condition que ce couplage soit pseudovectoriel et non pseudoscalaire.

La particule neutre V_1^0 est celle, plus lourde que le proton, qui paraît se désintégrer suivant le schéma

$$V_1^0 \rightarrow P + \pi^- . \tag{1}$$

Nous admettrons que le schéma (1) est correct.

L'hypothèse suivant laquelle V_1^0 serait un état excité du neutron se heurte comme on sait à deux difficultés, d'une part la vie moyenne de cette particule est trop longue (2 à 5.10^{-10} s), d'autre part la résonance à laquelle on devrait

s'attendre dans la diffusion des mésons π par l'hydrogène fait défaut. Nous nous rallierons donc à l'hypothèse, déjà considérée par Pais ([1]), suivant laquelle V_1^0 est une particule fondamentale. D'après (1) V_1^0 est alors un fermion.

On sait que pour expliquer la désintégration

$$\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu, \tag{2}$$

plusieurs schémas d'interaction sont possibles : on peut par exemple considérer (2) comme résultant d'une interaction directe, s'exprimant par la densité de lagrangien :

$$L = g_{PS} \Psi_{\mu}^{+} \gamma_5 \varphi_{\pi} \Psi_{\nu} + \frac{g_{PV}}{m_{\pi}} \Psi_{\mu}^{+} \gamma_5 \gamma_{\lambda} \frac{\partial \varphi_{\pi}}{\partial x_{\lambda}} \Psi_{\nu}. \tag{3}$$

On peut aussi considérer (2) comme dû au passage par une paire de nucléons virtuelle et à une interaction universelle entre fermions ([2]). Il en va de même dans notre problème : on peut expliquer (1) soit par une interaction directe

$$L = g'_{PS} \Psi_{P}^{+} \gamma_5 \varphi_{\pi} \Psi_{V} + \frac{g'_{PV}}{m_{\pi}} \Psi_{P}^{+} \gamma_5 \gamma_{\lambda} \frac{\partial \varphi_{\pi}}{\partial x_{\lambda}} \Psi_{V}, \tag{4}$$

soit en faisant appel à des processus plus compliqués. Sans vouloir aborder ici la discussion générale des schémas d'interaction ([3]) nous admettrons par hypothèse que les interactions directes (3) et (4) existent réellement.

Ceci étant dit, l'objet de la présente Note est d'attirer l'attention sur le point suivant.

Alors qu'il est impossible de rendre compte simultanément des vies moyennes de π *et* V_1^0 *observées en choisissant* $g_{PS} = g'_{PS}$; $g_{PV} = g'_{PV} = 0$, *la chose est possible si l'on fait le choix* $g_{PS} = g'_{PS} = 0$, $g_{PV} = g'_{PV}$. Autrement dit il suffit d'une seule constante pour rendre compte de ces deux vies moyennes, à condition que les couplages soient pseudovectoriels. Rappelons que cette même constante g_{PV} permet également d'expliquer l'interaction μ-nucléons ([4]).

Nous n'expliciterons pas les calculs, qui se font très simplement par les méthodes habituelles. Remarquons simplement que le fait signalé s'explique bien aisément si l'on fait appel au théorème d'équivalence de Nelson-Dyson. Ce théorème dit que dans les applications de (3) et (4) on peut supprimer g_{PV}, g'_{PV} à condition de remplacer g_{PS}, g'_{PS} par

$$g_{PS\,\text{équiv}} = g_{PS} + g_{PV} m_{\mu} m_{\pi}^{-1} ; \qquad g'_{PS\,\text{équiv}} = g'_{PS} + g'_{PV} (M_V + M_P) m_{\pi}^{-1}. \tag{5}$$

C'est un résultat connu que les vies moyennes observées conduisent à

([1]) A. Païs, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 663.

([2]) Ruderman-Finkelstein, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1458.

([3]) *Cf.* par exemple Friedmann-Rainwater, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 684; L. Michel, *Prog. Cosmic Rays*, 1952, où l'on trouvera des références.

([4]) B. d'Espagnat, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 744; Caianiello, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 625.

prendre $g'_{\mathrm{PS\,équiv}} \gg g_{\mathrm{PS\,équiv}}$, il n'est donc pas possible de choisir $g_{\mathrm{PV}} = g'_{\mathrm{PV}} = 0$, $g_{\mathrm{PS}} = g'_{\mathrm{PS}}$, par contre il est possible d'adopter $g_{\mathrm{PS}} = g'_{\mathrm{PS}} = 0$, $g_{\mathrm{PV}} = g'_{\mathrm{PV}}$ parce que $(M_V + M_P)\,m_\pi^{-1} \gg m_\mu m_\pi^{-1}$.

Dans cette théorie il est possible de calculer exactement le rapport des vies moyennes $\tau_{V \to P+\pi}$ et $\tau_{\pi \to \mu+\nu}$. Le tableau donne ce rapport pour différentes valeurs de la masse M_V de V_1^0 (Q est la valeur correspondante de l'énergie libérée). Noter que le processus (1) peut entrer en compétition avec le processus $V_1^0 \to N + \pi^0$, difficilement observable. S'il en est bien ainsi et si les probabilités des deux effets sont égales, les vies moyennes observées ne doivent être que la *moitié* des vies moyennes données par le tableau. L'accord avec l'expérience paraît alors possible : ainsi pour $Q = 45$ MeV, $\tau_\pi = 1,8 . 10^{-8}$, on trouve $\tau_{V\,\mathrm{observ.}} = 4,5 . 10^{-10}$ sec.

$\dfrac{M_V}{m_e}$	2180	2200	2230	2260
Q_{MeV}	35	45	60	75
$\dfrac{\tau_V}{\tau_\pi}$	0,075	0,05	0,032	0,0215

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'évaluation de la section efficace de diffusion coulombienne dans le choc de deux corpuscules élémentaires de spins $n\hbar/2$ et $m\hbar/2$ (m et n entiers).* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul covariant de la section efficace de diffusion électromagnétique coulombienne dans le choc de deux corpuscules libres, discernables, de spin total $n\hbar/2$ et $m\hbar/2$ représentés par des systèmes d'équations d'ondes irréductibles.

Dans une Note précédente [1] dont nous reprenons ici les notations, nous avons indiqué les principes généraux d'une nouvelle théorie des corpuscules de spin quelconque. Dans celle-ci, le corpuscule possédant l'état de masse propre unique m_0 et le spin total $n\hbar/2$ est représenté par les $(n+1)(n+2)(n+3)/6$ fonctions d'ondes $\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}$ $(i_1, \ldots, i_n = 1, 2, 3, 4)$ complètement symétriques par rapport aux n indices de Dirac $i_1, \ldots, i_n$.

Nous nous proposons ici d'évaluer, dans le cadre de cette théorie, la section efficace de diffusion électromagnétique coulombienne correspondant au choc de deux corpuscules (A) et (B), discernables, de charges e_A, e_B, de masses propres m_A, m_B, de spins total $S_A = n\hbar/2$, $S_B = m\hbar/2$, libres et représentés par des ondes planes à énergie positive dans l'état initial et dans l'état final.

Les corpuscules (A) et (B), initialement dans les états (A_0), (B_0), d'énergies, impulsions et masses propres réduites $(K_{A_0}, \mathbf{K}_{A_0}, \mu_A)$, $(K_{B_0}, \mathbf{K}_{B_0}, \mu_B)$, sont repré-

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1955.

sentés par des ondes planes à énergies positives normées dans le volume unité, d'amplitudes $u^{+A_0}_{(i_1,\ldots,i_n)}$, $u^{+B_0}_{(i_1,\ldots,i_m)}$. Dans le choc, (A) et (B) échangent la quantité de mouvement $\mathbf{k}=\mathbf{K}_{A_0}-\mathbf{K}_{A_1}=\mathbf{K}_{B_1}-\mathbf{K}_{B_0}$ par l'intermédiaire d'un corpuscule de champ vectoriel de spin $\hbar(k, \mathbf{k}, \mu_0)$, μ_0 étant très petit et négligeable lorsque ce corpuscule est un photon, ce que nous supposons ici. Dans l'état final (A) et (B) se trouvent dans les états $(A_1)(K_{A_1}, \mathbf{K}_{A_1}, \mu_A)$ et (B_1) $(K_{B_1}, \mathbf{K}_{B_1}, \mu_B)$ d'amplitudes $u^{+A_1}_{(i_1,\ldots,i_n)}$, $u^{+B_1}_{(i_1,\ldots,i_m)}$.

Suivant des notations introduites précédemment, nous écrivons

$$K_{ij}=-K_iK_j+(\mathbf{K}_i\mathbf{K}_j),\qquad q_{ij}=K_{ij}+\mu_i\mu_j\qquad (i, j=A_0, A_1, B_0, B_1);$$
$$q_{\bar{ij}}=K_{ij}-\mu_i\mu_j=q_{ij}-2\mu_i\mu_j,\qquad q_{ii}=0,\qquad K_{ii}=-\mu_i^2,\qquad q_{\bar{ii}}=-2\mu_i^2.$$

La conservation globale de l'énergie et de la quantité de mouvement nous donne $q_{A_0B_0}=q_{A_1B_1}$; $q_{A_0A_1}=q_{B_0B_1}$; $q_{A_0B_1}=q_{B_0A_1}$; $q_{A_0A_1}=K_{A_0B_0}-K_{A_0B_1}$.

L'élément de matrice de diffusion généralisant l'élément de matrice de Møller a pour expression

$$H'^{(1)}_{A_0B_0;A_1B_1}=\frac{e_Ae_B}{2q_{A_0A_1}}(u^{+*}_{A_0}A^{(n)\lambda}u^{+}_{A_1})(u^{+*}_{B_0}A^{(m)}{}_{\lambda}u^{+}_{B_1}),\qquad \text{avec}\quad \lambda=0,\ p,\quad p=1, 2, 3;$$

$$A^{(n)}{}_0=-A^{(n)0}=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^{n}(\alpha_4)_{i_1l_1}\ldots(\alpha_0)_{i_rl_r}\ldots(\alpha_4)_{i_nl_n};$$

$$A^{(n)}{}_p=A^{(n)p}=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^{n}(\alpha_4)_{i_1l_1}\ldots(\alpha_p)_{i_rl_r}\ldots(\alpha_4)_{i_nl_n}.$$

La section efficace de diffusion du corpuscule (A) dans l'angle solide $d\Omega_{\mathbf{K}_{A_1}}$ autour de la direction $\mathbf{K}_{A_1}$ tandis que (B) recule dans la direction $\mathbf{K}_{B_1}$ s'écrit

$$d\sigma=\frac{1}{4\pi^2\hbar^2c^2}\,\frac{(\mathbf{K}_{A_1})^3K_{A_0}K_{B_0}K_{A_1}K_{B_1}\,d\Omega_{\mathbf{K}_{A_1}}\overline{|H'^{(1)}_{(n)(m)}|^2}}{[(K_{A_0B_0})^2-\mu_A^2\mu_B^2]^{\frac{1}{2}}[\mathbf{K}_{A_1}(K_{B_1}\mathbf{K}_{A_1}-K_{A_1}\mathbf{K}_{B_1})},$$

$\overline{|H'^{(1)}_{(n)(m)}|^2}$ représente le carré de l'élément de matrice $H'^{(1)}_{(n)(m)}$ sur lequel on a effectué une sommation sur les états de spin de l'état final et une moyenne sur les états de spin de l'état initial, d'où

$$4(q_{A_0A_1})^2(n+1)(m+1)\overline{|H'^{(1)}_{(n)(m)}|^2}$$
$$=e_A^2e_B^2\sum_{u_{A_0}}\sum_{u_{A_1}}\sum_{u_{B_0}}\sum_{u_{B_1}}(u^{+*}_{A_0}A^{(n)\lambda}u^{+}_{A_1})(u^{+*}_{A_1}A^{(n)\chi}u^{+}_{A_0})(u^{+*}_{B_0}A^{(m)}_{\lambda}u^{+}_{B_1})(u^{+*}_{B_1}A^{(m)}_{\chi}u^{+}_{B_0}).$$

Pour effectuer la sommation, on introduit les projecteurs

$$\left(\frac{1}{2K}\right)^nA^{(n)}_{i_1,\ldots,i_n;\,l_1,\ldots,l_n}=\left(\frac{1}{2K}\right)^n\prod_{r=1}^{n}[K-(\mathbf{K}.\alpha)-\mu\alpha_4]_{i_rl_r}.$$

D'autre part, tenant compte du fait que dans notre théorie, la normalisation est assurée au moyen de l'intégrale $\int\psi^*_{(i_1,\ldots,i_n)}A^{(n)}_0\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}d\tau$,

on a

$$\sum_{u'} (u_1^* \mathrm{A}\, u')(u'^* \mathrm{B}\, u_2) = \left(\frac{\mathrm{K}}{\mu}\right)^{n-1} u_1^* (\mathrm{AB})\, u_2.$$

Nous obtenons donc

$$\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(n)(m)}|^2} = \frac{e_{\mathrm{A}}^2 e_{\mathrm{B}}^2 \mathrm{S}^{(n)}_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1;\lambda\varkappa} \mathrm{S}^{(m)}_{\mathrm{B}_0\mathrm{B}_1;\lambda\varkappa}}{4(q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1})^2 (n+1)(m+1)\, 16\, \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{A}_1}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_1} (2\mu_{\mathrm{A}})^{2(n-1)} (2\mu_{\mathrm{B}})^{2(m-1)}},$$

$$\mathrm{S}^{(n)}_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1;\lambda\varkappa} = \mathrm{Tr.}\left[\Lambda^{(n)}_{\mathrm{A}_0} \mathrm{A}^{(n)\lambda} \Lambda^{(n)}_{\mathrm{A}_1} \mathrm{A}^{(n)\varkappa} \eta^{n}\right]; \qquad \mathrm{S}^{(m)}_{\mathrm{B}_0\mathrm{B}_1;\lambda\varkappa} = \mathrm{Tr.}\left[\Lambda^{(m)}_{\mathrm{B}_0} \mathrm{A}^{(m)}_{\lambda} \Lambda^{(m)}_{\mathrm{B}_1} \mathrm{A}^{(m)}_{\varkappa} \eta^{m}\right].$$

Ces traces s'évaluent par récurrence, d'où

$$\mathrm{S}^{(n)}_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1;\lambda\varkappa} = (-1)^n \frac{4(n+1)}{3n} (2 q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1})^{n-2}$$
$$\times \{2(n-1)\mu_{\mathrm{A}}^2 [\mathrm{K}^{\lambda}_{\mathrm{A}_0} + \mathrm{K}^{\lambda}_{\mathrm{A}_1}][\mathrm{K}^{\varkappa}_{\mathrm{A}_0} + \mathrm{K}^{\varkappa}_{\mathrm{A}_1}] - (n+2) q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1} [\mathrm{K}^{\lambda}_{\mathrm{A}_0}\mathrm{K}^{\varkappa}_{\mathrm{A}_1} + \mathrm{K}^{\lambda}_{\mathrm{A}_1}\mathrm{K}^{\varkappa_0}_{\mathrm{A}} - q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1}\delta^{\lambda\varkappa}]\}$$

$$\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(n)(m)}|^2} = \frac{e_{\mathrm{A}}^2 e_{\mathrm{B}}^2}{4(q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1})^2\, 16\, \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{A}_1}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_1}} \frac{(-1)^{n+m}}{9mn} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_{\mathrm{A}}^2}\right)^{n-2} \left(\frac{q_{\mathrm{B}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_{\mathrm{B}}^2}\right)^{m-2}$$
$$\times \Big\{ 16(n-1)(m-1)[\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0} + \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1}]^2$$
$$+ 8(n+2)(m+2)\left(\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_{\mathrm{A}}^2}\right)\left(\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_{\mathrm{B}}^2}\right)[(\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0})^2 + (\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1})^2 + q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1}(\mu_{\mathrm{A}}^2 + \mu_{\mathrm{B}}^2)]$$
$$- 8(n-1)(m+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_{\mathrm{B}}^2}[(\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0} + \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1})^2 - q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1} q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}]$$
$$- 8(m-1)(n+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_{\mathrm{A}}^2}[(\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0} + \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1})^2 - q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1} q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}] \Big\}.$$

$$\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(n)(m)}|^2} = \frac{(-1)^{n+m}}{9mn} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_{\mathrm{A}}^2}\right)^{n-2} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_{\mathrm{B}}^2}\right)^{m-2}$$
$$\times \Big\{ 4(n-1)(m-1)\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(0)(0)}|^2} + (n+2)(m+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_{\mathrm{A}}^2}\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_{\mathrm{B}}^2}\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(1)(1)}|^2}$$
$$- 2(n-1)(m+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_{\mathrm{B}}^2}\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(0)(1)}|^2} - 2(m-1)(n+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_{\mathrm{A}}^2}\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(1)(0)}|^2} \Big\}.$$

Cette dernière expression montre notamment que la section efficace de diffusion d'un corpuscule de spin $n\hbar/2$ par un corpuscule de spin $m\hbar/2$ soit $d\sigma_{(n)(m)}$ s'exprime simplement au moyen des sections efficaces $d\sigma_{(0)(0)}$, $d\sigma_{(0)(1)}$, $d\sigma_{(1)(0)}$ et $d\sigma_{(1)(1)}$.

CYBERNÉTIQUE. — *Perturbations des oscillateurs filtrés.*

Note de M. **Gilbert Cahen**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le fait de supposer que l'amplificateur d'un oscillateur est filtré, de manière à répondre à une excitation sinusoïdale par une oscillation sinusoïdale synchrone, permet d'établir, en fonction des dérivées partielles du gain et de la phase, une équation aux perturbations; celle-ci permet de montrer, dans ce cas très général, l'existence du seuil de synchronisation et, lorsque la perturbation est inférieure à ce seuil, du traînage de fréquence.

Tout oscillateur est non linéaire, puisque l'amplitude de l'oscillation est limitée. Sans faire d'hypothèse sur le degré ni la forme de l'équation qui le

régit, nous admettrons avec Dutilh [1], Kochenburger [2] et Loeb [3] qu'un filtrage coupe les harmoniques de la fondamentale, de telle sorte que la réponse du circuit ouvert à une excitation

$$X = x\cos\omega t \tag{1}$$

ait la forme

$$Y = y\cos(\omega t + \varphi) \tag{2}$$

lorsque x et ω sont assez voisins des amplitudes x_0 et pulsation ω_0 du régime d'oscillation spontané.

Si l'amplificateur était linéaire, $(y/x)\exp(j\varphi)$ serait une fonction analytique de $(\dot{x}/x) + j\omega$. Ici, admettant que y/x et φ sont fonctions de $\dot{x}/x$, ω et x, cette dernière dépendance traduisant la non-linéarité, nous posons, au voisinage de x_0 et ω_0 :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial\varphi}{\partial x} = a\cos\alpha, & \dfrac{\partial\varphi}{\partial\omega} = b\cos\beta, & \dfrac{\partial\varphi}{\partial\tau} = cx_0\cos\gamma; \\ \dfrac{\partial y}{\partial x} - 1 = ax_0\sin\alpha, & \dfrac{\partial y}{\partial\omega} = bx_0\sin\beta, & \dfrac{\partial y}{\partial\tau} = cx_0^2\sin\gamma. \end{cases} \tag{3}$$

Appliquons au circuit bouclé une oscillation perturbatrice,

$$Z = \omega x_0\cos[(\omega_0 + \varepsilon)t] \quad (\text{avec } \varepsilon \ll \omega_0). \tag{4}$$

La méthode proposée consiste à considérer l'oscillation à l'entrée de l'amplificateur, compte tenu de la perturbation, comme une oscillation fictive de pulsation $\omega_0 + \varepsilon$ mais de phase variable θ, de telle sorte que la valeur effective de la pulsation est en réalité $\omega_0 + \varepsilon + \dot{\theta}$. L'équation du bouclage est alors

$$y\cos[(\omega_0 + \varepsilon)t + \theta + \varphi] - ux_0\cos(\omega_0 + \varepsilon)t + x\cos[(\omega_0 + \varepsilon)t + \theta] = 0, \tag{5}$$

y et φ étant évalués au moyen des équations (3).

Comme $\tau = \dot{x}/x_0$, on obtient deux équations en x et $\dot{x}$. Une différentiation permet d'éliminer x, et l'on a finalement l'équation

$$m\ddot{\psi} + [1 + k\sin(\psi - \delta)]\dot{\psi} + \varepsilon(1 - h\cos\psi) = 0 \tag{6}$$

avec les changements de notation suivants :

$$\begin{cases} \psi = \theta - \alpha, & m = \dfrac{c\sin(\gamma - \beta)}{a\sin(\alpha - \beta)}, \\ h = \dfrac{u}{b\varepsilon\sin(\alpha - \beta)}, & k = \dfrac{\varepsilon hc}{a}, \qquad \delta = \gamma - \alpha. \end{cases} \tag{7}$$

---

(1) *Radio*, mai 1950.

(2) *Electrical Engineering*, août 1950.

(3) *Comptes rendus*, **231**, 1950; **233**, 1951, p. 733.

L'équation (6) donne la phase de l'oscillation fictive. Si ψ est constant, il y a synchronisation de l'oscillateur sur la perturbation; pour cela, il faut que $h > 1$. On étudie ce qui se passe, lorsque cette condition n'est pas réalisée, par la méthode décrite dans une précédente Note ([1]). On trouve aisément que le régime asymptotique est un cycle limite de seconde espèce, la phase ψ variant séculairement, de manière à retrouver les mêmes valeurs, à 2π près, après une durée T qui, si k est petit devant l'unité, peut s'écrire

$$(8)\qquad T=\int_0^{2\pi}\frac{d\psi}{\dot\psi}\# -\frac{2\pi\left[1+\frac{\varepsilon c}{a}(1-\sqrt{1-h^2})\sin(\alpha-\gamma)\right]}{\varepsilon\sqrt{1-h^2}}.$$

De ce fait, la pulsation effective n'est égale ni à la pulsation $\omega_0+\varepsilon$ de la perturbation, ni à la pulsation ω_0 de l'oscillation non perturbée : par rapport à cette dernière, il y a « traînage », nul avec h, puis croissant avec h jusqu'à l'« accrochage » obtenu par $h=1$.

Nota. — Si la perturbation disparaît ($u=h=k=0$) l'équation (6) devient

$$m\ddot\Psi+\dot\Psi+\varepsilon=0.$$

Remarquant que $\dot\Psi+\varepsilon$ n'est autre que l'écart effectif de pulsation, $\omega-\omega_0$, on trouve

$$m\dot\omega+\omega=\omega_0.$$

La pulsation ω_0 sera stable ou instable selon que m est positif ou négatif, autrement dit, selon que $\sin(\alpha-\beta)$ et $\sin(\gamma-\alpha)$ sont de même signe ou de signes contraires.

2. Les mêmes méthodes permettent d'étudier le couplage de deux oscillateurs : si λ est un paramètre de bouclage, les équations des oscillateurs seront du type

$$(13)\qquad \begin{cases} X_1+Y_1-\lambda p_2X_2=0,\\ X_2+Y_2-\lambda p_1X_1=0.\end{cases}$$

Appelons $\varepsilon=\omega_1-\omega_2$ la différence, supposée petite, des pulsations naturelles des oscillateurs découplés; si θ_1 et θ_2 sont les phases des oscillations à l'entrée des amplificateurs respectifs, la phase de X_2 par rapport à X_1, est

$$(14)\qquad \zeta=\theta_1-\theta_2+\varepsilon t.$$

Réciproquement, la phase de X_2 par rapport à X_1 est à la pulsation $\omega_2-\zeta$. On aboutit dès lors, en traitant chaque équation (13) par la méthode ci-dessus décrite, à deux équations différentielles en θ_1 et θ_2,

$$(15)\qquad \begin{cases} c_1\sin(\gamma_1-\beta_1)\ddot\theta_1+\alpha_1\sin(\alpha_1-\beta_1)\dot\theta_1=\lambda\left(\frac{p_2x_2}{b_1x_1}\right)[c_1\cos(\zeta-\gamma_1)-\alpha_1\dot\zeta\sin(\zeta-\alpha_1)],\\ c_2\sin(\gamma_2-\beta_2)\ddot\theta_2+\alpha_2\sin(\alpha_2-\beta_2)\dot\theta_2=\lambda\left(\frac{p_1x_1}{b_2x_2}\right)[c_2\cos(\zeta-\gamma_2)-\alpha_2\dot\zeta\sin(\zeta-\alpha_2)],\end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1003.

qui jointes à (14) permettent de trouver la valeur minimum de λ qui assure la synchronisation, et, par une méthode d'approximation, les traînages mutuels des fréquences des oscillateurs, lorsqu'on est en deçà du seuil de synchronisation.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la variation de la célérité des ondes explosives avec le diamètre des tubes.* Note (*) de MM. **Henri Guénoche** et **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. L'influence du rayon r sur la célérité D des ondes explosives a déjà été constatée, mais un doute pouvait subsister tant à cause de la précision des mesures [1], [2] qu'à cause de la nature des mélanges utilisés [3]. Cependant, le comportement des explosifs solides [4], les conclusions théoriques de Zeldovitch [5] et de Döring [6] confirmaient qualitativement ces résultats. Récemment, Kistiakowsky, Knight et Malin [7] ont effectué des mesures de D dans des mélanges C_2N_2/O_2 et C_2H_2/O_2 enregistrant avec des détecteurs à quartz le passage des ondes en divers points de tubes de 1,2 à 10 cm de diamètre. Ils ont abouti à la conclusion que D varie avec r suivant une loi de la forme $D = D_\infty - (C/r)$, où C est une constante qui dépend de la nature et de la composition du mélange et où D_∞ représente la valeur de D pour un diamètre infini.

Toutefois, avec le mélange $C_2H_2 + O_2$, dans des ballons sphériques [8], et surtout dans des tubes capillaires (jusqu'à $r = 0{,}3$ mm) [9], les valeurs de D trouvées concordent aux erreurs des mesures près (3 à 5 %) alors que, d'après la relation précédente, il devrait exister un écart de 10 % entre les mesures dans les ballons et celles effectuées dans des tubes de 3 mm de diamètre par exemple.

2. Nous avons donc repris les expériences dans les tubes en éliminant un certain nombre d'erreurs de mesures inhérentes à la méthode de Mallard et Le Chatelier. Nous avons procédé à des mesures relatives de célérités en comparant les pentes de deux droites obtenues simultanément sur le même enregistrement avec un tube de diamètre fixe et avec un tube de diamètre

---

(*) Séance du 10 décembre 1952.

(1) Berthelot et Vieille, *Comptes rendus*, 94, 1882, p. 101.

(2) Campbell, *J. Chem. Soc.*, 121, 1922, p. 2483.

(3) Bone et Fraser, *Proc. Roy. Soc.* A 130, 1931, p. 342.

(4) Voir par exemple J. Taylor, *Détonation in condensed explosives*, Clarendon Press, Oxford, 1952.

(5) *J. Phys. Theor. et Exper. U. R. S. S.*, 10, 1940, p. 542.

(6) *Ann. der Phys.*, 5, n° 43, 1943, p. 421.

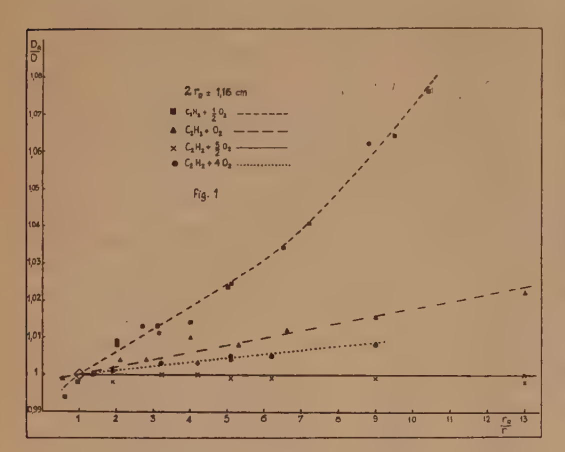
(7) *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 876 et 889.

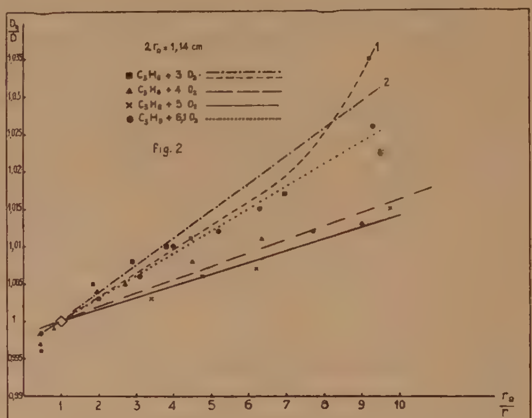
(8) N. Manson et F. Ferrié, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 139.

(9) H. Guénoche, *Revue Inst. Fr. du Pétrole*, janvier-février 1949.

quelconque maintenu parallèle au premier. L'onde explosive s'y propage dans le même sens, provenant d'un troisième tube de diamètre égal à celui du tube de référence. Le mélange gazeux stocké dans une réserve est envoyé dans les trois tubes préalablement vidés.

Le calcul des pentes est fait sur des photographies agrandies en 18×24 cm. $\Delta (D_R/D)$ est égale à $\pm 0{,}01$ (l'indice R se rapporte au tube de référence). Toutefois, la répétition des mesures, la comparaison des pentes pour deux tubes identiques, les valeurs obtenues sur des agrandissements différents par chacun de nous montrent qu'en fait $D_R/D \leq 0{,}005$.





Les tubes de référence et les tubes étudiés ne présentent pas en leurs extrémités une variation supérieure à 0,2 mm pour les premiers, à 0,1 mm pour les seconds. Donc, lorsque le rapport des rayons $\rho = r_R/r$ varie de 1 à 13, $\Delta\rho$ passe de $\pm 0{,}01$ à 0,86. Les valeurs limites de ρ ont été imposées par le manque de luminosité des ondes d'une part, par l'établissement des ondes, d'autre part.

3. Nous avons utilisé divers mélanges oxyacétyléniques et oxypropanes. Les variations de D_R/D en fonction de ρ sont données sur les figures 1 et 2. Les courbes sont, pour la plupart, des droites dont la pente a varie avec la composition du mélange. a est minimum pour le mélange stœchiométrique ou pour un mélange voisin. Quand on s'éloigne de cette composition et lorsque ρ prend une certaine valeur, la fonction cesse d'être linéaire [10].

On peut penser que toutes les courbes ont même allure que celle relative au mélange $C_2H_2 + 0{,}5\,O_2$, α et la longueur de la partie linéaire dépendant de la composition du mélange. La relation liant D et r serait de la

---

[10] Nous avons donné deux allures de courbes pour le mélange $C_3H_8 + 3\,O_2$ car, si la droite est à la limite acceptable suivant notre procédé de mesure, la courbe semble plus probable.

forme $D = D_i \exp\{-f(c, r)/r\}$ où D_i représenterait une célérité idéale indépendante du diamètre du tube et $f(c, r)$ une quantité ayant les dimensions d'une longueur dépendant de la composition du mélange et du diamètre du tube. Cependant, nous ne pouvons actuellement conclure tant sur cette variable que sur les raisons pour lesquelles se manifeste l'influence du diamètre.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'équation différentielle des rayons électromagnétiques dans un milieu ionisé absorbant hétérogène de paramètres lentement variables.* Note (*) de M. **Henri Arzelies**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous utilisons les notations et les résultats d'une Note précédente ([1]). Rappelons, en particulier, que les formules concernent seulement les ondes planes permanentes.

Équations fondamentales pour les lignes de phase. — En raisonnant comme on le fait dans le cas des milieux non absorbants, l'angle i correspondant à une altitude quelconque est donné, en fonction de l'angle i_0 d'entrée dans le milieu, par

$$\frac{\sin i_0}{\sin i} = \frac{V_0}{V}.$$

Pour le voir il suffit de diviser le milieu en tranches parallèles aux plans de stratification. Cette formule ne fait intervenir que l'hypothèse des ondes planes; elle est valable pour tous les milieux. Mais, alors que dans les milieux transparents le rapport de Descartes est une constante, pour les milieux absorbants nous devons poser

$$\frac{\sin i_0}{\sin i} = \nu = \text{fonction de } i \text{ (ou de } i_0\text{)}.$$

Pour connaître explicitement i, remplaçons ν par son expression en fonction de p, q et i; nous obtenons ainsi l'équation bicarrée en $\sin i$

$$(4p\sin^2 i_0 - q^2)\sin^4 i - 4\sin^2 i_0(p + \sin^2 i_0)\sin^2 i + 4\sin^4 i_0 = 0.$$

D'où après résolution

$$\frac{\sin^2 i_0}{\sin^2 i} = \frac{1}{2}\left[p + \sin^2 i_0 + \sqrt{(p - \sin^2 i_0)^2 + q^2}\right].$$

Cette formule donne l'équation différentielle générale des lignes de phase en milieu absorbant stratifié

$$\boxed{\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 = \frac{2\sin^2 i_0}{p(z) + \sin^2 i_0 + \sqrt{[p(z) - \sin^2 i_0]^2 + q^2(z)}}.}$$

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 421.

Les fonctions $p(z)$ et $q(z)$ caractérisent le modèle de milieu absorbant considéré.

L'équation ci-dessus permet d'attaquer sous un angle nouveau le problème, déjà étudié par Epstein et Bremmer [2], de l'influence de l'absorption sur les trajectoires de phase. Bien entendu, dans ce qui précède, il n'est question que d'angles i et i_0 réels; les trajectoires considérées sont donc naturellement les trajectoires de phase réelles ou physiques. La précision n'est pas superflue car certains auteurs, utilisant la loi de Descartes sous forme complexe (formule de Cauchy), considèrent des « trajectoires complexes ».

Surfaces des indices. — On peut aussi relier les lignes de phase à la notion de surface des indices. En un point quelconque du milieu, cette surface a pour équation polaire :

$$\nu^2 = \frac{1}{2}\left(p + \frac{1}{2\cos i}\sqrt{p^2\cos^2 i + q^2}\right) = f(i),$$

p et q étant les *constantes* relatives au point considéré. Ce n'est pas une sphère. Le milieu absorbant stratifié se conduit donc, pour les ondes considérées, comme un milieu anisotrope monoréfringent. Le tracé de la direction de la ligne de phase, pour une altitude donnée, s'effectuerait à l'aide de la construction bien connue. Le tracé d'une ligne de phase se ferait de proche en proche à partir de l'entrée dans le milieu absorbant.

Le résultat à mettre en évidence est que *les lignes de phase ne sont pas normales aux surfaces des indices.*

Rayon électromagnétique. — On désigne généralement ainsi la direction moyenne de propagation de l'énergie; le rayon est donc, par définition, tangent en tout point à la vitesse $\overline{V}_e$. En utilisant les résultats de la Note [1], on montre alors sans difficultés que *les lignes de phase et les rayons sont identiques.*

Cet énoncé serait évident pour des ondes transversales.

Il l'est beaucoup pour les ondes du type plus général considérées dans la Note [1]. En rapprochant ce résultat de celui relatif aux lignes de phase, nous voyons que le rayon n'est pas normal aux surfaces des indices. *Il n'est donc pas possible de généraliser aux milieux absorbants la définition usuelle du rayon* très utile pour l'étude des milieux anisotropes transparents [travaux de Booker, Poeverlein, Argence [3], etc.]. Si l'on veut tenir rigoureusement compte de l'absorption, le rayon ne peut être défini que par le vecteur de Poynting.

Application à la propagation ionosphérique. — Il convient de noter que, dans ce cas, il ne s'agit en général que de faibles corrections, en raison de

---

(2) *Terrestrial radio waves*, Elsevier New-York, 1949, p. 174.

(3) *Mémoires Soc. Roy. Sc. Liége*, 12, fasc. 1, 2, 1952, p. 253-267. Ce texte comporte un point de départ bibliographique avec, en particulier, des références aux mémoires de Booker et Poeverlein.

la petitesse du coefficient d'absorption. L'équation précédente permet d'évaluer ces corrections ou plutôt, dans l'état actuel de la technique des prévisions, de vérifier si, dans les conditions de calcul, elles sont effectivement négligeables. Il serait en effet prématuré de les introduire effectivement dans le calcul puisque l'on n'a pas encore une méthode *pratique* pour tenir compte du champ magnétique dont l'influence sur les trajectoires est autrement importante que celle de l'absorption.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Étude expérimentale de l'objectif électrostatique à immersion à électrodes planes : courbes de focalisation et distance focale.* Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans l'objectif à immersion classique (*fig.* 1), les paramètres pouvant agir sur les propriétés optiques sont les suivants : a et σ, R_1, R_2, b et c. σ est la polarisation relative du Wehnelt W lorsqu'on prend $V_K = 0$ et $V_A = 1$.

1. Courbe de focalisation et distance focale (*fig.* 2). — Tous les paramètres de construction (R_1, R_2, c) étant fixés, on obtiendra la mise au point de l'image à une distance D constante pour une infinité de couples de valeurs ($a - \sigma$). La courbe

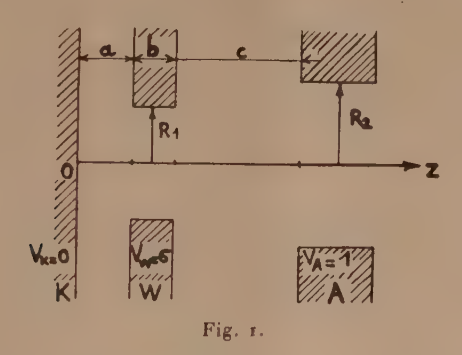


Fig. 1.

représentative $a = f(\sigma)$ est dite courbe de focalisation, caractéristique de l'objectif. On la trace en fixant a à des valeurs connues, et en mettant au point l'image (examinée avec une lunette de fort grossissement) par réglage de σ. Pour chaque couple ($a - \sigma$) le grandissement G est mesuré soit photographiquement, soit par lecture directe des déplacements latéraux de l'objet correspondant à un déplacement connu de l'image. La distance objectif-écran étant grande ($D \gg a + b + c$), on peut en tirer la distance focale image f, dans les conditions de focalisation, par la relation $f = D/G$. La figure 2 donne les valeurs de a et de f pour un exemple d'objectif défini par ($R_1 = R_2 = 1$, $c = 2$, $b = 0{,}7$). Pour tous les objectifs étudiés, f est une fonction croissante de σ.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

Dans la région de fonctionnement normal $(-0{,}05 < \sigma < 0{,}05)$, cette fonction est assimilable à une hyperbole $f = A/(\sigma - B)$. Corrélativement G varie linéairement avec σ. Pour $\sigma = 0$, l'objectif à immersion est fortement convergent $(3\ \text{mm} < f < 4{,}5\ \text{mm})$.

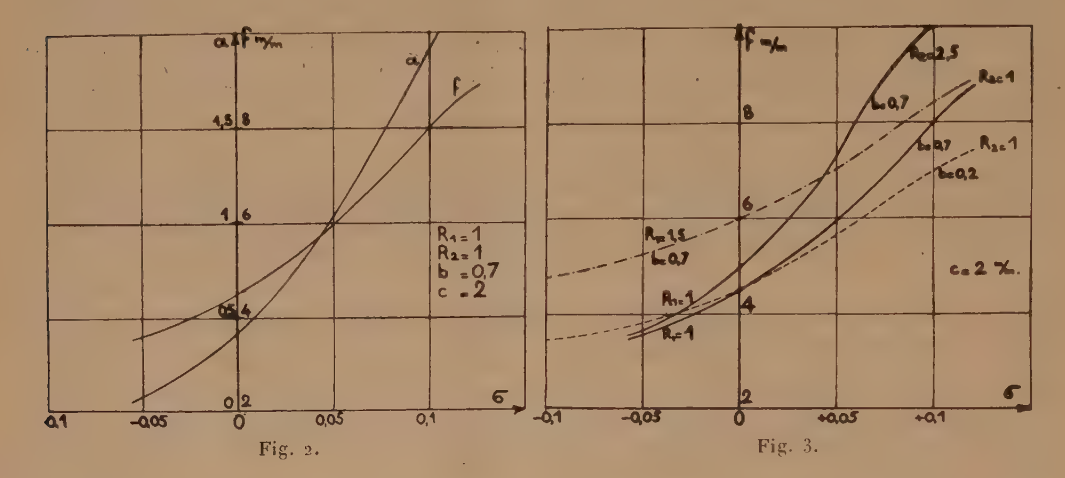


Fig. 2. Fig. 3.

2. Influence des paramètres géométriques de construction. — Distance Wehnelt-anode : c doit être maintenu entre des limites assez étroites aux environs de $c = 2\,\text{mm}$. On ne peut aller au-dessous sous peine de claquages pour $V_A = 25 - 30\,\text{kV}$, ni beaucoup au-dessus car le champ électrostatique serait insuffisant. Un accroissement de c est équivalent à une diminution de V_A. La courbe de focalisation se déduit, par affinité parallèle à l'axe des σ, de la courbe correspondant à $c = 2\,\text{mm}$.

Rayon d'anode. — Une variation de R_2 seul a la même influence. Son accroissement correspond à une diminution de V_A. [Exemple : on passe de la courbe de focalisation de l'objectif $(R_2 = 1)$ à celle de l'objectif $(R_2 = 2{,}5)$ en multipliant les abscisses σ par 0,8.] La distance focale augmente avec R_2; on peut voir ici l'influence croissante de l'action divergente du trou de A. Mais cette variation est faible pour les polarisations négatives : quelques pour-cent seulement lorsque les rayons sont dans le rapport de 2,5 à 1.

Épaisseur du Wehnelt. — Un accroissement Δb de b provoque un glissement des courbes de focalisation le long de l'axe des ordonnées a, vers l'origine. Si l'on définit une ouverture angulaire mécanique du Wehnelt α par la relation $\operatorname{tg}\alpha = R_1/(a + b)$, on a toujours sensiblement, lorsque b varie seul, $\alpha = \text{const.}$ au voisinage de $\sigma = 0$. La distance focale f reste à peu près constante pour $\sigma = 0$; pour $\sigma < 0$ elle croît légèrement lorsque b décroît, sans que cette variation dépasse 3 % pour des variations de b de 0,2 à 0,4 mm. Pour $\sigma > 0$, la variation est de sens contraire.

Rayon du Wehnelt. — Le paramètre R_1 provoque également une translation des courbes de focalisation parallèlement à Oa, mais plus accentuée, et de

sens opposé : un accroissement de R_1 correspond à un accroissement de a_0. Pour toutes les polarisations, *l'ouverture de* W *décroît* quant R_1 augmente. La distance focale varie rapidement avec R_1 qui se révèle être le paramètre essentiel de l'objectif [$f_{(\sigma=0)}$ passe de 4 à 6 mm lorsque R_1 croît de 1 à 1,5 mm dans l'objectif ($R_2 = 1$, $b = 0,7$, $c = 2$)].

La figure 3 résume par quelques exemples numériques les variations de f en fonction des divers paramètres.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Procédé d'empreinte à grand pouvoir de résolution.* Note (*) de MM. **Charles Fert** et **Roger Dargent**, présentée par M. Gaston Dupouy.

De nombreuses techniques ont été proposées pour l'observation de la topographie de la surface des objets opaques au microscope électronique. Le procédé qui permet de prendre l'empreinte d'une surface d'aluminium, ou d'un alliage léger, par formation d'une pellicule d'oxyde ([1]) est l'un des plus intéressants : *il donne une reproduction dont la finesse est plus grande que celle de la plupart des autres techniques, et des pellicules extrêmement résistantes au faisceau d'électrons.*

Différents artifices ont été décrits pour généraliser ce procédé à des surfaces autres que celle d'aluminium ([2]), ([3]).

Nous proposons une méthode qui se rapproche de celle de G. Hass et M. E. Mc Farland ([3]), mais qui en diffère par une mise en œuvre plus simple, tout en donnant d'excellents résultats.

Une couche d'aluminium dont l'épaisseur est supérieure à 1 μ est déposée sur l'échantillon par évaporation dans le vide. Le film d'aluminium est alors détaché du spécimen à l'aide d'une bande de Cello-Tape. Cette opération se fait sans difficulté pour les échantillons variés que nous avons déjà examinés, métaux ou cristaux.

La face du film d'aluminium qui était en contact de la surface de l'échantillon reproduit la topographie de cette surface : Cette face est oxydée anodiquement comme s'il s'agissait d'un échantillon d'aluminium : une pince spéciale permet d'assurer un bon contact entre le film métallique et l'amenée de courant. Nous utilisons pour cette oxydation une solution de phosphate biammonique en solution saturée, et une tension à vide de 16 V environ. La pellicule se forme en 1 ou 2 mn. Cette pellicule d'oxyde est alors rayée d'un quadrillage, et le film composite,

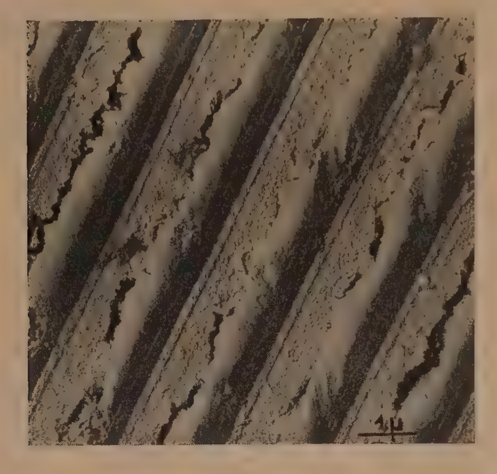
(*) Séance du 1er décembre 1952.

([1]) H. Mahl, *Metallwirtschaft,* 19, 1940, p. 488.

([2]) J. Hunger et R. Seeliger, *Metallforsch,* 2, 1947, p. 65.

([3]) *J. Appl. Phys.,* 21, 1950, p. 435-436.

aluminium et oxyde d'aluminium, est libéré du Cello-Tape par immersion dans l'eau, ou, dans certains cas, dans l'acide nitrique à 50 %, puis



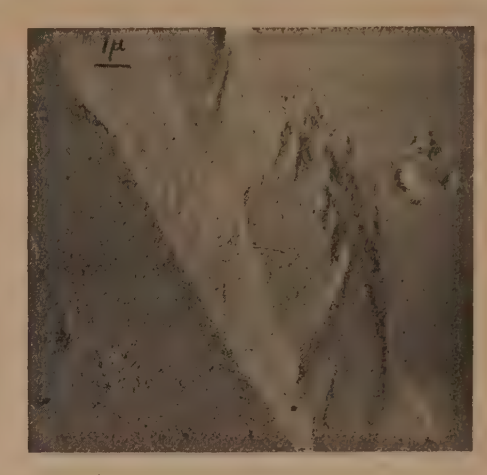


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Réseau original de Rowland tracé sur métal.
Fig. 2. — Face *p* de calcite corrodée par l'acide chlorhydrique.

porté dans une solution saturée de bichlorure de mercure. L'aluminium est dissous, et, au bout de quelques minutes, les carrés de la réplique d'aluminium viennent flotter à la surface du bain. On les recueille avec un





Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — Cuivre électrolytique attaqué par pulvérisation cathodique.
Fig. 4. — Cuivre électrolytique; attaque brutale par l'acide nitrique.

agitateur en verre, on les lave dans l'eau, l'acide chlorhydrique dilué, puis à nouveau dans l'eau. Il suffit alors de les déposer sur une grille support : après un séjour de quelques instants dans un dessiccateur, ils peuvent être

examinés au microscope électronique. S'il y a lieu, les contrastes seront augmentés par un ombrage suivant la méthode ordinaire.

Notons enfin que, si la surface de l'échantillon est une surface polie, une glace de verre par exemple, les pellicules obtenues peuvent avantageusement être utilisées comme supports d'objets très résistants et sans structure propre à la place des pellicules de collodion.



Fig. 5.



Fig. 6.

Fig. 5. — Fonte blanche; attaque par pulvérisation cathodique.
Fig. 6. — Fonte blanche; empreinte observée avec un grossissement élevé.

Les figures 1 à 6 représentent les photographies de quelques empreintes prises par cette méthode (toutes les empreintes ont été ombrées, sous 20° environ à l'alliage Au-Pd).

OPTIQUE. — *Lampe à cathode creuse alimentée en impulsions; obtention de raies d'étincelle*. Note (*) de MM. **Jean Roig** et **Maurice Bécart**, présentée par M. Jean Cabannes.

La lampe est montée directement sur les bornes du condensateur de filtrage du poste d'alimentation, sans résistance additive; il se produit un régime de relaxations; la nature du spectre dépend de la valeur d'une self placée en série avec la lampe.

1. Dans des Notes antérieures ([1]) nous avons donné les caractéristiques de fonctionnement d'une lampe Schüler, à cathode creuse, à refroidissement par eau. La lampe, en série avec une résistance de 10 000 Ω environ, est alimentée

(*) Séance du 10 décembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1262 et 1606.

par un montage redresseur à deux alternances, qui charge un condensateur de filtrage C de 2 μF. On observe principalement des raies d'arc.

Une légère modification du montage permet d'obtenir très commodément des raies d'étincelle (*fig.* 1).

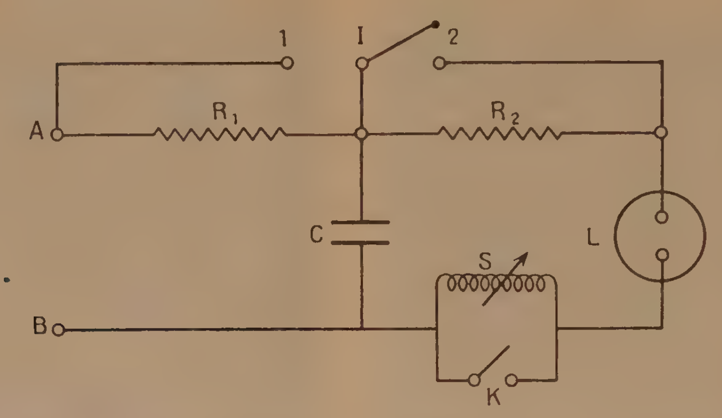


Fig. 2. — 1 : décharge continue; 5 : décharge en impulsions sans self; 2, 3 et 4 : régimes intermédiaires.

R_1 est une simple résistance de protection de 2 500 Ω; R_2 une résistance de 8 000 Ω; S une self variable formée de 130 spires de 4,5 cm de diamètre enroulées sur 10 cm ; elle est très simplement réalisée par un rhéostat à curseur de faible résistance.

Quand l'inverseur I est sur la position 1, on a le fonctionnement habituel et une décharge permanente. Quand I est sur la position 2, un régime de relaxations s'établit; la fréquence des décharges est d'une dizaine par seconde; la durée de chaque éclair est de l'ordre de 10^{-3}. Le potentiel moyen et le courant moyen de la lampe restent du même ordre que pour le régime continu.

2. Pour une pression de l'ordre du millimètre de mercure, le régime d'impulsions concentre encore la décharge au centre de la cathode qui subit un bombardement ionique intense.

Ce fonctionnement s'obtient très facilement en atmosphère d'air ou d'hélium; il ne se maintient que quelques instants dans l'argon; on peut, pour une lampe à argon, en diminuant la tension, faire tendre très progressivement le courant vers zéro sans décrochage; la suppression de R_2 donne alors un régime permanent, sans relaxations. Nous avons cependant obtenu les relaxations pour l'argon en mettant en série avec la lampe un tube rempli d'air à base pression, pratiquement le tube témoin de notre installation à vide. Le tube à air commande les relaxations; le condensateur se charge à un potentiel plus élevé et restitue à chaque décharge une quantité d'électricité plus forte; on obtient une excitation plus énergique.

3. L'aspect de la décharge est entièrement conditionné par le réglage de la self S. En atmosphère d'air la lumière négative passe du rose au bleu quand

S est court-circuitée par le jeu de l'interrupteur K. La figure 2 montre une série de spectres posés pendant le même temps; la cathode d'aluminium est chargée de titane, renfermant un peu d'oxyde, et travaille en atmosphère d'argon; le circuit de purification du gaz n'a pas été mis en route. Le spectre de référence est celui d'une lampe à mercure. Le spectre 1 correspond au régime continu; tous les autres sont obtenus en impulsions.

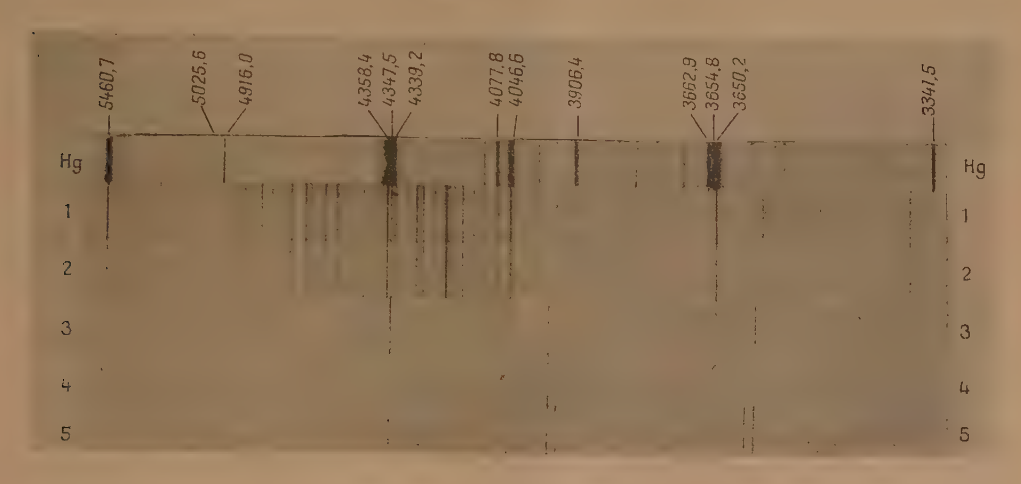


Fig. 2.

Le spectre 2, pratiquement identique à 1, est donné par δ maximum, 3 correspond à $\delta/2$, 4 à $\delta/4$, 5 à δ nul.

1° On constate la disparition progressive du fonds continu et des bandes.

2° Simultanément on observe l'apparition progressive des raies d'étincelle. Ces résultats sont à rapprocher de ceux signalés par M. Brucelle pour des sources d'un type différent (²).

Le montage permet donc l'obtention facile de raies d'étincelle dans la cathode creuse en conservant la décharge rassemblée dans le trou cathodique; on peut ainsi étudier de faibles quantités de matière. Les inconvénients d'un éclateur dans l'air sont évités. L'importance relative des raies d'arc et d'étincelle est réglable. Nous nous proposons d'examiner si le régime d'impulsions ne donne pas d'effet Stark, ce qui limiterait l'emploi de la lampe pour l'étude des structures hyperfines.

OPTIQUE. — *Méthode directe de mesure des caractéristiques d'un système interférentiel de Fabry-Perot.* Note de M. **Pierre Giacomo**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note récente (¹) MM. J. Roig et E. Collet ont décrit une méthode

(²) *XIᵉ Congrès G. A. M. S.*, Paris, 1949, p. 29.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2179.

de mesure des pouvoirs réflecteurs voisins de l'unité. Cette méthode est probablement la mieux adaptée à la mesure des pouvoirs réflecteurs élevés et nous utilisons une méthode fondée sur le même principe pour l'étude des couches semi-transparentes de l'interféromètre Fabry-Perot.

L'obtention de luminosités élevées grâce aux couches multiples réfléchissantes du type « haut indice - bas indice » rendait en effet nécessaire une méthode de mesure rapide et *directe* des caractéristiques liées aux qualités des couches d'un ensemble de deux lames de Fabry-Perot.

Ces caractéristiques sont (2), pour deux lames de pouvoirs réflecteurs R_1 et R_2 et de transmission T_1 et T_2, en posant $T=\sqrt{T_1 T_2}$ et $R=\sqrt{R_1 R_2}$:

la transparence au sommet d'un anneau :

$$\mathcal{T}=\left(\frac{T}{1-R}\right)^2;$$

la finesse relative des anneaux :

$$\mathcal{F}=\frac{\pi\sqrt{R}}{1-R}\simeq\frac{3}{1-R};$$

le contraste :

$$\mathcal{C}=\left(\frac{1+R}{1-R}\right)^2\simeq\frac{4}{(1-R)^2}.$$

Pour obtenir une grande finesse et un grand contraste on doit prendre R très voisin de l'unité; les mesures directes de R ne donnent plus alors une précision suffisante sur les quantités précédentes qui font intervenir $1-R$.

Or il est une grandeur fonction de $1-R$ très facile à mesurer directement; c'est la « transparence moyenne » τ de l'étalon dans le cas d'une raie spectrale, de longueur d'onde λ, de largeur $\Delta\lambda$ assez grande pour couvrir plusieurs ordres successifs (soit e l'écartement des lames, on doit avoir $2e\Delta\lambda\gg\lambda^2$). Faisant, dans ce cas, la somme des intensités des rayons réfléchis successifs (au lieu des amplitudes) on obtient

$$\tau=\frac{T^2}{1-R^2}=\frac{T^2}{(1-R)(1+R)}\simeq\frac{T^2}{2(1-R)}.$$

On dispose d'un système photométrique à cellule permettant d'interposer les lames, ensemble ou séparément; K étant la réponse de la cellule en l'absence de lames, on fait les mesures :

$$a=K,\qquad b=KT_1,\qquad c=KT_2,\qquad d=K\tau,$$

ce qui donne

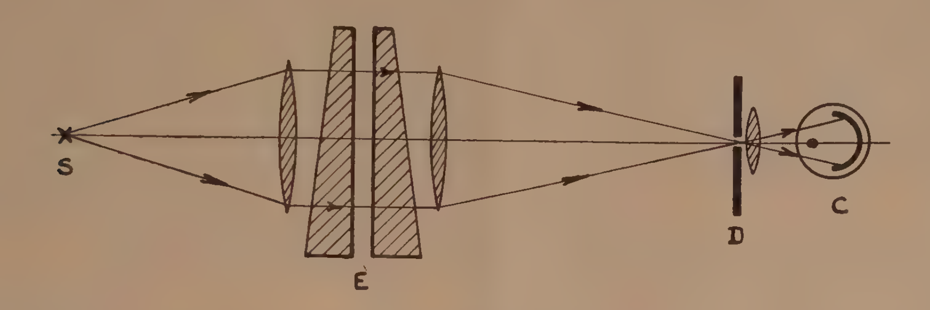
$$\mathcal{T}\simeq 4\frac{d^2}{bc},\qquad \mathcal{F}\simeq 6\frac{da}{bc},\qquad \mathcal{C}\simeq 16\frac{d^2a^2}{b^2c^2}.$$

(2) P. Jacquinot et Ch. Dufour, *J. Phys. Rad.*, 11, n° 7, juillet 1950, p. 427.

Pour les couches couramment utilisées, d/b et d/c sont de l'ordre de 0,3 ; la mesure de $\mathcal{T}$ est donc facilement précise; par contre les mesures de $\mathcal{F}$ et $\mathcal{C}$, faisant intervenir c/a ou b/a qui sont de l'ordre de 0,05, sont plus délicates.

Le montage est le suivant :

En raison de la sélectivité des couches, la lumière doit être grossièrement monochromatique (par exemple, lampe philora + filtre). Le diaphragme D, réglable, élimine les images parasites données par les faces externes de l'étalon. La cellule C est conjuguée de l'étalon E pour qu'on puisse introduire



les lames (prismatiques) sans modifier la région éclairée sur la cellule. Un réglage suffisant du parallélisme est obtenu à l'aide de deux vis. Pour un calcul précis, il y a lieu de tenir compte des traversées des faces externes, qui multiplient b et c par 0,96 et d par $(0,96)^2$, et éventuellement de l'absorption du verre.

Notons qu'on obtient ainsi les caractéristiques maxima qu'aurait l'étalon considéré avec des surfaces parfaitement planes et parallèles. La comparaison de ces caractéristiques avec celles qu'on obtient avec l'interféromètre permet de faire la part des défauts des surfaces et du réglage.

La méthode, appliquée à des couches multiples « cryolithe $\lambda/4$-sulfure de zinc $\lambda/4$ » préparées suivant une méthode décrite par ailleurs [3] donne les résultats suivants (pour $\lambda = 5460$ Å).

	$\mathcal{T}$.	$\mathcal{F}$.	$\mathcal{C}$.	R.	R_{th}.	$\mathcal{F}_{th}$.	$\mathcal{C}_{th}$.
5 couches............	0,93	22	180	86,5	87,5	23,5	225
7 »	0,85	54	1 200	94,5	95,5	68	1 900
9 »	0,49	105	4 300	97	98,3	183	13 600

On a donné, à titre indicatif, les valeurs de R déduites de $\mathcal{F}$; R_{th}, $\mathcal{F}_{th}$ et $\mathcal{C}_{th}$ ont été calculés en admettant les indices 1,52 pour le verre, 1,35 pour la cryolithe, 2,3 pour le sulfure de zinc ZnS, en couches rigoureusement $\lambda/4$, et en supposant une absorption nulle, ce qui donnerait $\mathcal{T}_{th} = 1$.

---

(3) P. Giacomo et P. Jacquinot, *ibid.*, 13, n° 2, 1952, p. 59 A.

OPTIQUE. — *Sur le choix des mesures à effectuer pour déterminer simultanément les constantes optiques et l'épaisseur des lames minces absorbantes.* Note de M. **Damien Malé**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le problème de la détermination des constantes optiques des corps absorbants en lame mince a été jusqu'ici le plus souvent abordé par une méthode photométrique. La lame mince du corps étudié étant déposée sur une lame prismatique de verre, on mesure, en incidence normale, ses facteurs de réflexion dans l'air R et dans le verre R' ainsi que son facteur de transmission T. Connaissant l'épaisseur, déterminée le plus souvent par pesée, on en déduit l'indice de réfraction ν et l'indice d'extinction $\varkappa$ de la lame.

J'ai montré récemment [1] qu'il était possible, à partir de ces mesures de R, R' et T de déterminer *simultanément* les constantes optiques et l'épaisseur. Comme il est possible aussi de mesurer les changements de phase à la réflexion normale dans l'air et dans le verre ainsi que le changement de phase à la transmission, on peut évidemment remplacer R, R' ou T par l'un des changements de phase ci-dessus. On a ainsi des vérifications possibles et l'on peut contrôler la validité des hypothèses servant de base à la théorie des lames minces (lame homogène et isotrope, limitée par deux surfaces planes et parallèles).

Toutefois il est des cas où, pour la détermination des constantes optiques et de l'épaisseur par cette méthode, un choix entre ces diverses grandeurs s'avère nécessaire, parce que des relations approchées apparaissent entre elles, ce qui les rend dépendantes les unes des autres. En particulier, lorsque les lames ont une trés faible épaisseur, H. Wolter [2] a établi qu'il existe une relation approchée entre R, R' et T. Si l'on désigne par $A = 1 - T - R$ le facteur d'absorption de la lame mince lorsque la lumière vient du côté air et par $A' = 1 - T - R'$ le facteur d'absorption lorsque la lumière vient du côté verre, cette relation est $n\,A = A'$, n étant l'indice de réfraction du verre.

H. Wolter admet qu'au degré de précision des mesures, cette relation est satisfaite lorsque $d/\lambda < 0{,}027$; d représentant l'épaisseur de la lame et λ la longueur d'onde dans le vide de la radiation utilisée.

Pour déterminer le degré d'approximation de cette relation, j'ai tracé les courbes donnant, pour différentes valeurs des indices, les variations, avec l'épaisseur de la lame, du facteur d'absorption A' et du produit nA. Si l'on admet que, par suite des erreurs expérimentales, les mesures de R, R' et T sont faites avec une erreur absolue de l'ordre de 0,005, on obtient pour les épaisseurs limites au-dessous desquelles la relation de Wolter est pratiquement vérifiée, les valeurs données par le tableau suivant. (Les épaisseurs limites sont

---

(1) D. Malé, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1349.

(2) *Z. Phys.*, 105, 1937, p. 269.

exprimées en fractions de la longueur d'onde dans le vide de la radiation utilisée).

$\varkappa$ \ ν	0,2.	0,5.	1.	2.	4.
0,5	0,062	0,050	0,047	0,037	0,015
1	0,062	0,037	0,041	0,037	0,031
2	0,047	0,025	0,029	0,031	0,023
4	∞	0,088	0,037	0,034	0,027

On constate qu'effectivement la relation de Wolter est toujours vérifiée pour les épaisseurs telles que $d/\lambda < 0{,}027$. Mais, de plus, la relation de Wolter peut très bien être aussi vérifiée pour des épaisseurs beaucoup plus grandes. En particulier, pour $\nu = 0{,}2$ et $\varkappa = 4$ (constantes optiques voisines de celles de l'argent pour les radiations du spectre visible) la relation est toujours vérifiée quelle que soit l'épaisseur. En effet, les facteurs de réflexion d'une lame suffisamment épaisse pour être opaque sont

$$R = \frac{(1-\nu)^2 + \varkappa^2}{(1+\nu)^2 + \varkappa^2}, \qquad R' = \frac{(n-\nu)^2 + \varkappa^2}{(n+\nu)^2 + \varkappa^2},$$

d'où l'on déduit

$$\frac{A'}{nA} = \frac{(1-\nu)^2 + \varkappa^2}{(n+\nu)^2 + \varkappa^2};$$

ce rapport tend vers un lorsque $\varkappa$ augmente indéfiniment ou lorsque ν tend vers zéro. Par exemple, en prenant $n = 1{,}5$, $\nu = 0{,}2$ et $\varkappa = 4$, on obtient

$$R = 0{,}955, \qquad R' = 0{,}937, \qquad A' = 0{,}062, \qquad nA = 0{,}067, \qquad nA - A' = 0{,}005,$$

la relation de Wolter est donc pratiquement toujours vérifiée dans ce cas. Des mesures faites sur des lames d'argent confirment cette conclusion.

D'une manière plus générale la relation de Wolter est d'autant mieux vérifiée que le coefficient d'absorption $k = \varkappa/\nu$ est plus grand, c'est-à-dire pour les métaux à faible indice de réfraction et à fort indice d'extinction. Nous l'avons observé, en particulier, pour l'argent et les radiations du spectre visible; et avec une approximation plus faible pour l'or et les longueurs d'onde supérieures à 5000 Å. Dans ces cas, pour déterminer simultanément les indices et l'épaisseur d'une lame, il faut utiliser une mesure de changement de phase.

Tout récemment H. Schopper (³) a mis au point une méthode intéressante utilisant à la fois six mesures : trois mesures d'intensité et trois mesures de changement de phase. La question du choix ne se pose alors plus. La méthode que j'ai exposée (¹) permet d'arriver au même résultat avec trois mesures seulement, mais il faut convenablement choisir ces mesures, comme nous venons de le montrer.

(³) *Z. Phys.*, **131**, 1952, p. 215.

OPTIQUE. — *Comparaison des énergies lumineuses présentes sur les deux faces, à l'intérieur d'une lame éclairée, sous l'incidence normale par un faisceau parallèle.* Note de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Eugène Darmois.

On calcule les énergies présentes sur les deux faces, à l'intérieur d'une lame absorbante à faces parallèles, éclairée, sous l'incidence normale, par un faisceau parallèle. On a tenu compte des réflexions multiples qui se produisent dans la lame. On montre que, si le coefficient d'absorption de la lame est inférieur à une certaine limite, il y a un excès d'énergie sur la face de sortie

Soit, dans l'air, une lame matérielle absorbante, d'épaisseur quelconque, à faces parallèles, (coefficient d'absorption $k = 4\pi\varkappa/\lambda$, épaisseur l, facteur de réflexion k'^2, déphasage à la réflexion matière-air φ') éclairée par un faisceau lumineux parallèle, sous l'incidence normale. Posons $4\pi l/\lambda = \varphi$ et $e^{-kl}k' = k_1$. Pour compléter une Note précédente [1], proposons-nous de calculer l'énergie présente à l'intérieur de la lame, sur ses deux faces, en tenant compte des réflexions multiples intérieures à la lame.

A l'entrée, dans la lame, le faisceau apporte l'amplitude A dont la phase est prise pour origine; l'amplitude A se propage jusqu'à la deuxième face, s'y réfléchit et revient sur la première face pour donner l'amplitude $Ae^{-kl}k' = k_1 A$, avec l'augmentation de phase $\varphi + \varphi'$; là, $k_1 A$ se réfléchit pour donner l'amplitude $k_1 k' A$ avec une nouvelle augmentation de phase φ'; il y a propagation de cette amplitude vers la deuxième face, réflexion et ainsi de suite.

Finalement, on doit composer, sur la face d'entrée les vibrations suivantes :

Amplitude...............	A	$k_1 A$	$k_1 k' A$	$k_1^2 k' A$	$k_1^2 k'^2 A$	...
Phase....................	0	$\varphi + \varphi'$	$\varphi + 2\varphi'$	$2\varphi + 3\varphi'$	$2\varphi + 4\varphi'$	...

Composons ces vibrations comme des vecteurs représentant des nombres complexes; nous calculerons ensuite le module de la résultante. Les termes de rang 1, 3, 5, etc., forment une progression géométrique convergente de raison $k_1 k' e^{i(\varphi+2\varphi')}$; il en est de même des termes de rang 2, 4, 6, etc. En tenant compte de cette remarque, le nombre complexe Z_1, somme de tous les nombres complexes du tableau précédent est

$$Z_1 = A\,\frac{1 + k_1 e^{i(\varphi+\varphi')}}{1 - k_1 k' e^{i(\varphi+2\varphi')}}.$$

On calcule de même le nombre Z_2 qui correspond à la face de sortie

$$Z_2 = A\,e^{-\frac{kl}{2}}\,\frac{1 + k' e^{i\varphi'}}{1 - k_1 k' e^{i(\varphi+2\varphi')}}.$$

Les énergies que l'on cherche sont représentées par les carrés des modules

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1119.

de Z_1 et Z_2. Les dénominateurs de Z_1 et Z_2 étant les mêmes, il suffit de comparer les modules des numérateurs. Pour qu'il y ait davantage d'énergie sur la face de sortie, on doit donc avoir

$$\text{(1)} \qquad A^2 e^{-kl}[1 + k'^2 + 2k' \cos\varphi'] > A^2\left[1 + k_1^2 + 2k_1 \cos\left(\varphi' + 4\pi\frac{l}{\lambda}\right)\right],$$

qui s'écrit encore

$$\text{(2)} \qquad k'\left[\cos\varphi' - \cos\left(\varphi' + 4\pi\frac{l}{\lambda}\right)\right] > \frac{1}{2}(e^{kl} - 1)(1 - k'^2 e^{-kl}).$$

Étudions les trois cas *a*, *b*, *c* suivants :

a. Lame transparente : $k = 0$, *c'est-à-dire* $k_1 = k'$, *et* $\varphi' = 0$. — L'inégalité (1) devient

$$1 + k'^2 + 2k' > 1 + k'^2 + 2k' \cos 4\pi\frac{l}{\lambda}.$$

Elle est toujours vérifiée, sauf dans le cas particulier $l = k\lambda/2$.

Dans une lame transparente d'épaisseur quelconque, éclairée par un faisceau parallèle de lumière naturelle dont la direction est perpendiculaire aux faces de la lame, il y a donc toujours un excès d'énergie sur la face de sortie, mais aucun échauffement de la lame; il n'y a pas de photophorèse.

b. Lame pas trop absorbante. — Donnons-nous une valeur de l quelconque et faisons croître k depuis 0. D'après le paragraphe *a*, l'inégalité 2 est vérifiée pour $k = 0$; par continuité, elle l'est encore pour des valeurs de k comprises entre 0 et une valeur limite k_l fonction de l et solution de l'équation obtenue en remplaçant l'inégalité 2 par l'égalité correspondante (k' et φ' sont des fonctions continues de k). Dans ces lames ($k < k_l$), l'énergie lumineuse présente sur la face de sortie est supérieure à ce qu'elle est sur la face d'entrée. Ceci implique que l'énergie absorbée est plus grande sur la face de sortie, qui doit être la plus chaude (cas de la photophorèse négative). Toujours pour la même valeur de l, le phénomène s'inverse si $k > k_l$ (cas de la photophorèse positive).

Ces circonstances, associées à l'existence de chocs moléculaires intenses sur la face la plus chaude, rendent compte des phénomènes de photophorèse observés sur les particules des substances pas trop absorbantes en suspension dans l'air.

c. Lame fortement absorbante. — Nous avions admis précédemment [1] que la théorie du paragraphe *b* s'appliquait aux lames minces métalliques. Ce serait inexact si l'on adoptait pour ces lames les constantes du métal massif. Prenons en effet l'argent et la raie D ($\varphi' = -37\pi/180$, $\varkappa = 3{,}67$, $k'^2 = 0{,}95$), et considérons l'inégalité 2. Le premier membre est négatif lorsque l croît de 0 à $\lambda/10$, alors que le deuxième, toujours positif est croissant avec l, a déjà pour $l = (\lambda/10)$ la valeur 49,5. L'inégalité 2 n'est jamais vérifiée. Mais les récents travaux sur les lames métalliques minces ont montré que lorsque

l'épaisseur diminue, les constantes optiques de ces lames varient et se rapprochent de plus en plus de celles des corps transparents. La théorie du paragraphe *b* doit donc pouvoir expliquer la photophorèse négative que présentent les très fines particules des métaux; les particules plus grosses sont photopositives.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles mesures des intervalles spectraux qui séparent les composantes hyperfines de la raie du mercure* λ 2537. Note de MM. **Robert Lennuier** et **Jean-Louis Cojan**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une étude interférométrique de la réflexion sélective sur la vapeur de mercure ([1]) nous a donné de nombreux clichés et enregistrements de la structure hyperfine de la raie de résonance λ 2537. L'appareil interférentiel est un étalon de Fabry et Perot à glaces de quartz recouvertes d'aluminium par évaporation dans le vide; les épaisseurs utilisées ont été 4 et 5 mm (on est limité par l'étendue du domaine spectral qu'occupe la raie, soit environ 50 mÅ). Le récepteur est soit la plaque photographique, au foyer d'un objectif de quartz de 141 cm de distance focale, soit une cellule multiplicatrice d'électrons (RCA, 1 P 28); dans ce dernier cas l'étalon fonctionne comme un monochromateur de haute résolution (environ 500 000) suivant une méthode décrite et réalisée dans le domaine visible par P. Jacquinot et Ch. Dufour ([2]) : le rayonnement reçu par la cellule est celui que laisse passer une petite ouverture circulaire exactement centrée sur le système des anneaux, dans le plan focal de l'objectif; l'étalon est placé sous une cloche dans laquelle on peut faire un vide progressif, faisant ainsi varier corrélativement la longueur d'onde du rayonnement reçu par la cellule.

La source est un arc Gallois à basse pression, énergiquement refroidi par un jet d'air comprimé; la raie λ 2537 qu'elle émet présente une structure hyperfine parfaitement nette, les composantes ayant une largeur qui est de l'ordre de la largeur Doppler à la température ordinaire ([3]). Des précautions très sévères doivent être prises pour éviter la présence de traces de vapeur de mercure dans l'atmosphère du laboratoire : l'absorption que produisent celles-ci, même si elle est très faible, déforme la structure hyperfine parce qu'elle croît rapidement lorsqu'on passe de la composante de plus courte longueur d'onde à la composante de plus grande longueur d'onde (ce phénomène s'explique par l'effet Lorentz dû à l'azote et à l'oxygène).

La détermination des positions des centres de gravité des composantes

---

([1]) Les résultats de cette étude feront l'objet d'une prochaine publication.

([2]) *Journal de recherches du C. N. R. S.*, n° 6, 1948, p. 101.

([3]) J. L. Cojan et R. Lennuier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

hyperfines a été faite sur le spectre *d'émission* de la source d'une part, sur le spectre *d'absorption* fourni par une cellule de 5 cm d'épaisseur remplie uniquement de vapeur de mercure à la pression de $1,85.10^{-4}$ mm Hg, d'autre part.

Résultats. — Désignant par les notations habituelles (4) les contributions des divers isotopes à chacune des cinq composantes séparées de la raie et prenant pour origine la position de la composante de l'isotope 200, on obtient, dans l'ordre des λ croissants, les intervalles suivants exprimés en milliangtröms (10^{-3} Å) :

I.	II.	III.	IV.	V.
(B, *c*)	(X 198, *b*)	(X 200)	(X 202)	(X 204, A, *a*)
—24,80	—9,80	0	11,50	22,25

L'incertitude sur ces valeurs est probablement inférieure à ±0,05 mÅ. Ces distances entre composantes hyperfines sont *les mêmes* dans le spectre d'émission de la source et dans le spectre d'absorption de la vapeur pure. Mais les centres des composantes observées en émission sont décalées du côté des grands λ de 0,15 à 0,20 mÅ par rapport aux centres correspondants du spectre d'absorption. Ce déplacement est attribuable à l'effet Lorentz dû à la présence d'argon, sous une pression de 16 mm environ, dans la source (ce gaz est destiné à l'amorçage de l'arc). La grandeur de ce déplacement est celle que l'on doit attendre d'une extrapolation vers les basses pressions de la loi établie pour les fortes pressions de gaz étranger (5) (8,0 mÅ par atmosphère pour l'argon).

Discussion des résultats. — Les intervalles généralement admis (4) depuis le mémoire de Shüler et Keyston (6) sont :

I.	II.	III.	IV.	V.
	—10,35 —8,50			
—25,4	—9,75	0	11,5	21,5

Nos propres mesures attribuent des positions nettement différentes aux deux composantes extrêmes. Mais Shüler et Keyston n'ont pas observé directement la structure hyperfine de la raie λ 2537 : ils ont déterminé, à partir de raies du domaine visible, les intervalles de la décomposition (due au spin nucléaire) du niveau $6\,^3P_1$ des isotopes 199 et 201, mais n'ont pas pu contrôler les positions des centres de gravité des cinq composantes hyperfines de

(4) A. MITCHELL et M. ZEMANSKY, *Resonance Radiation and excited Atoms*, Cambridge, 1934, p. 38.

(5) C. FÜCHTBAUER, G. JOOS et O. DINKELACKER, *Ann der Phys.*, 71, 1923, p. 224.

(6) *Z. Phys.*, 72, 1931, p. 423.

l'ensemble de la raie indiquées par les anciennes mesures (7), effectuées avec une lame de Lummer dont l'épaisseur (4,24 mm) était un peu trop grande (chevauchement des ailes des composantes extrêmes de deux ordres voisins).

Si l'on admet, avec les intensités respectives classiques (4) :

a. les positions des centres de gravité fournies par nos mesures;

b. la loi de régularité des déplacements isotopiques des isotopes pairs établie récemment par K. Murakawa et S. Suwa (8);

c. les décompositions par effet de spin nucléaire données par Shüler et Keyston pour les isotopes impairs, on aboutit à la structure ci-dessous pour la raie λ 2537 (distance à X 200 en mÅ) :

I.		II.		III.	IV.	V.		
−24,80		−9,80		0	11,50	22,25		
–	–	(X 198)	–	(X 200)	(X 202)	–	–	(X 204)
–	–	−10,20	–	0	11,50	–	–	23,10
(*c* 201)	–	–	(*b* 201)	–	–	(*a* 201)	–	–
−25,70	–	–	−8,95	–	–	21,15	–	–
–	(B 199)	–	–	–	–	–	(A 199)	–
–	−24,60	–	–	–	–	–	22,40	–

SPECTROSCOPIE. — *Contribution à l'étude du spectre de vibration de l'oxyde azoteux*. Note de Mme **Marie-Louise Grenier-Besson**, MM. **Gilbert Amat** et **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'absorption infrarouge de l'oxyde azoteux (N_2O) a été étudiée entre 1,5 μ et 2,5 μ au moyen d'un spectrographe à réseau-échelette (15 000 traits/25,4 mm) et à cellule au sulfure de plomb évaporé non refroidie. En utilisant une cuve d'absorption de 150 cm contenant le gaz sous la pression atmosphérique, nous avons observé outre les deux bandes parallèles intenses signalées par E. K. Plyler et E. F. Barker (1) à 4734,7 et 4419,5 cm^{-1}, sept bandes parallèles et deux bandes perpendiculaires dont l'interprétation et les caractéristiques sont rassemblées dans le tableau ci-après.

Les longueurs d'onde et les fréquences observées, exprimées respectivement en microns et en cm^{-1} et rapportées au vide sont inscrites dans la troisième et la quatrième colonne. La précision est supérieure ou égale à 1 cm^{-1}. Les fréquences inscrites dans les deux dernières colonnes ont été calculées en utilisant pour les niveaux d'énergie de la molécule N_2O la formule

$$G_0(v_1, v_2, v_3) = \omega_1^0 v_1 + \omega_2^0 v_2 + \omega_3^0 v_3 + x_{11} v_1^2 + x_{22} v_2^2 + x_{33} v_3^2 + x_{12} v_1 v_2 + x_{13} v_1 v_3 + x_{23} v_2 v_3 + g_{22} l_2^2.$$

(7) R. W. Wood, *Phil. Mag.*, 50, 1925, p. 761; M. Nair et A. Ellett, *Proc. Nat. Acad.*, 13, 1927, p. 430, A. Ellett et M. Nair, *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 180 et 986.

(8) *J. of the Phys. Soc. of Japan*, 5, 1950, p. 429.

(1) E. K. Plyler et E. F. Barker, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1827.

G. et L. Herzberg [2] ont proposé, pour les constantes figurant dans cette formule, deux séries de valeurs déduites des fréquences observées dans l'infrarouge moyen et dans l'infrarouge photographique et qui conduisent respectivement aux fréquences théoriques inscrites dans la sixième et la septième colonne. Ces calculs ne tiennent pas compte du phénomène de résonance de Fermi intervenant entre les niveaux $(v_1, v_2^{l_2}, v_3)$ de la forme $(n, 0^0, v_3)$, $(n-1, 2^0, v_3)$, $(n-2, 4^0, v_3)$, ..., $(0, 2n^0, v_3)$.

Pour toutes les transitions observées, le niveau d'énergie inférieur est le niveau $(0, 0^0, 0)$. La première colonne du tableau renferme les valeurs des nombres quantiques v_1, v_2, l_2, v_3 définissant le niveau supérieur. Celui-ci est du type Σ^+ si $l_2=0$, la transition correspondante donnant lieu à une bande parallèle. Il est du type Π si $l_2=1$, la transition correspondante donnant lieu à une bande perpendiculaire. Les évaluations d'intensités figurant dans la troisième colonne (très faible, faible, moyenne, forte, très forte) ont une signification essentiellement relative.

v_1.	$v_2^{l_2}$.	v_3.	Type.	Int.	λ vide obs. (μ).	ν vide obs. (cm⁻¹).	ν vide calculé (cm⁻¹). 1.	2.
0	0^0	3	‖	f	$1,517_7$	6589	6588,0	6582,3
3	0^0	1 }	‖	f	$1,673_1$	5977	5980,5	5980,3
2	2^0	1 }	‖	tf	$1,697_1$	5892	5895,8	5886,9
1	0^0	2	‖	f	$1,769_6$	5651	5652,2	5649,1
4	0^0	0 }	‖	m	$1,957_0$	5110	5101,0	5105,0
3	2^0	0 }	‖	m	$1,989_8$	5026	5031,0	5024,2
0	1^1	2	⊥	f	$2,008_4$	4979	4983,4	4980,5
2	0^0	1 }	‖	TF	2,1121	4734,7	–	–
1	2^0	1 }	‖	F	$2,158_7$	4632	4633,9	4631,6
0	0^0	2	‖	TF	2,2627	4419,5	–	–
1	1^1	1	⊥	m	$2,461_1$	4063	4063,4	4061,0

(Les niveaux réunis par une accolade sont ceux entre lesquels une résonance de Fermi est possible.)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La dissymétrie de la fission et le modèle de la goutte.* Note de M. **Pierre Demers**, présentée par M. Jean Cabannes.

On explique la dissymétrie de la fission nucléaire par une inégalisation due aux forces capillaires dans le noyau en cours de séparation.

Bohr et Wheeler [1], dans leur application du modèle de la goutte à la fission, supposaient la fission symétrique. Cependant, les courbes de ren-

(2) G. Herzberg, *Molecular Spectra and Molecular Structure*, II; p. 278; G. Herzberg et L. Herzberg, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1551.

(1) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 426.

dement établies par radiochimie montrent deux sommets, caractérisant une dissymétrie de A et de Z très marquée pour la fission de ^{235}U, ^{238}U, ^{239}Pu, ^{237}Np, ^{231}Pa, ^{232}Th par les neutrons lents ou d'énergie inférieure à 45 MeV. Aux grandes énergies d'excitation comme avec n 90 MeV, D 200 MeV, α 380 MeV, ces éléments et aussi Bi, Tl, Au, Ta montrent une fission symétrique. Or, si l'on considère la diminution d'énergie potentielle dans la formation de deux fragments sphériques se touchant, la fission devrait être symétrique dans tous les cas. La dissymétrie ne peut s'expliquer que par la dynamique des oscillations de la goutte.

L'analyse des défauts de masse, indépendante du modèle de la goutte, montre, selon Beck et Havas ([2]), Flügge ([3]) et Von Droste ([4]), cités par Turner ([5]), selon Wick ([6]) et Kingdon ([7]), au contraire de Dempster ([8]), un minimum d'énergie potentielle favorisant la fission dissymétrique.

Frankel et Metropolis ([9]) ont conclu que l'explication n'est pas possible dans le modèle de la goutte, au contraire de Hill ([10]). Deux modifications favorisent la dissymétrie : le modèle de Wigner ([11]), utilisé par Présent ([12]), Yasaki et Miyatake ([13]) et Jungerman ([14]), où la densité des protons est plus grande à la surface du noyau, et celle de Swiatecki ([15]) où la matière nucléaire est compressible.

Nous proposons une explication basée sur les propriétés des bulles de savon : selon Boys ([16]), si on les allonge, elles se séparent en deux parties inégales. En général, deux bulles de savon, deux gouttes, deux cristaux capables d'échanger leur matière, tendent à devenir inégaux, la tension superficielle accroissant la solubilité et la pression des éléments plus petits.

La condition du minimum d'énergie potentielle électrostatique favorise la symétrie des fragments naissants tant qu'ils sont proches et l'apparition d'une forme instable et d'un étranglement symétriques. Cependant, au moment de la séparation, le noyau doit être très allongé et, surtout

---

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1084.
([3]) *Naturwiss*, 27, 1939, p. 402.
([4]) *Naturwiss*, 27, 1939, p. 198.
([5]) *Rev. Mod. Phys.*, 12, 1940, p. 1.
([6]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 181.
([7]) *Phys. Rev.*, 76, 1947, p. 136.
([8]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 431.
([9]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 914.
([10]) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 330.
([11]) *Voir* Feenberg, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 593.
([12]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 7.
([13]) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 754.
([14]) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 285.
([15]) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 178.
([16]) *Bulles de savon*, Trad. Guillaume, Gauthier-Villars, Paris, 1892.

si les charges positives sont disposées à ce moment de préférence en deux groupes aux extrémités de cette forme allongée, c'est la condition du minimum d'énergie de surface qui régit son évolution. A moins d'une excitation considérable, le noyau dans l'état instable possède une énergie cinétique faible en plus de l'énergie cinétique d'agitation thermique des nucléons.

Au cours de l'éloignement final des fragments naissants, nous avons donc peut-être le droit d'assimiler le système à celui de deux bulles de savon capables d'échanger leur matière, tant qu'un filet étranglé subsiste entre les extrémités grossies. Cet échange est limité par l'accélération des fragments due à la réduction de l'énergie de surface. La concurrence entre l'inégalisation par échange de nucléons et leur accélération donne une base théorique pour évaluer une courbe de rendement. On explique ainsi que l'on doive obtenir à peu près la même courbe de rendement dissymétrique pour des noyaux de masses voisines et pour toutes les excitations, sauf si celles-ci sont très fortes : alors les vitesses des fragments naissants sont très grandes et l'inégalisation n'a pas le temps de s'opérer.

On peut facilement admettre que l'échange de matière intéresse au moins un disque de matière nucléaire de rayon 6 à 8.10^{-13} cm, ce qui est une dimension raisonnable pour la section droite centrale dans le noyau au lieu de l'étranglement et d'épaisseur 10^{-13} cm, ce qui est l'incertitude sur la position d'un nucléon ayant 10 MeV d'énergie thermique, selon Blatt et Weisskopf ([17]), c'est-à-dire une vingtaine de nucléons. Ce nombre est très voisin de la différence entre la masse la plus probable d'un fragment et la moitié de la masse totale dans la fission dissymétrique. On explique facilement, dans cette théorie, que la charge se divise plus également que la masse, de sorte que le fragment lourd contient une proportion plus grande de neutrons.

La théorie prête à des expériences avec des bulles de savon et avec des gouttes.

RAYONS COSMIQUES. — *Effet de latitude sur l'intensité du rayonnement cosmique déterminé au moyen des émulsions nucléaires.* Note de M. **Max Morand**, Mlle **Yvette Avignon**, MM. **Lud van Rossum** et **Roger Desprez**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'intensité totale de la composante lourde du rayonnement a été étudiée dans des conditions identiques au Kebnekaise (latitude géomagnétique 65°40′) et au Mont Ventoux (latitude géomagnétique 46°10′). On a constaté un rapport d'intensité 1,060 ± 0,026.

([17]) *Théor. Nucl. Physics*, Wiley, New-York, 1952.

La variation de l'intensité du rayonnement cosmique avec la latitude a été étudiée au moyen des compteurs à neutrons (1) et de la chambre d'ionisation (2). Pour l'étude des étoiles (3) et des traces isolées (4) on a utilisé des plaques photographiques. Dans le cas des traces isolées, on peut étudier en plus de l'intensité, les répartitions, les énergies et la nature des particules. Des plaques Ilford G_5, d'épaisseur 400 μ ont été exposées simultanément et dans des conditions identiques au Mont Ventoux (altitude 1920 m) pendant 48,4 jours et au Kebnekaise en Suède (altitude 1920 m) pendant 44,2 jours.

Ces plaques ont été étudiées au voisinage de la surface de gélatine touchant le verre en pointant les traces dont la granulation vaut plus de 1,5 fois celle du minimum d'ionisation. On a 3374 traces pour 25 bandes de 5 cm sur 143 μ dans les plaques exposées au Mont Ventoux et 3575 pour 28 bandes identiques dans les plaques exposées au Kebnekaise. Le rapport de la densité de traces par centimètre carré et par seconde est de $1{,}060 \pm 0{,}026$. La granulation indique que l'excès en faveur du Kebnekaise porte sur des traces dont la densité de granulation est supérieure à 1,5 fois le minimum; la différence est négligeable au-dessous de ce chiffre. Les traces sont essentiellement des traces de protons avec quelques pour-cent de mésons et une très faible partie de particules lourdes. La valeur du minimum d'ionisation obtenue sur des traces très fines réparties dans les plaques est de 20 grains sur 100 μ.

On peut étendre la méthode de Morand et Tsai-Chü (5) au calcul de l'intensité verticale absolue et de la répartition zénithale. L'intensité $J(\theta)$ pour l'angle zénithal θ est définie par le nombre d^2N de traces par unité de temps (t), par unité de surface perpendiculaire aux traces ($S\sin\beta$) et par unité d'angle solide ($\cos\beta\, d\alpha\, d\beta$), S étant la surface étudiée sur la plaque, α l'angle de la projection de la trace sur le plan du verre avec la verticale, β l'angle de la trace avec sa projection sur le plan du verre

$$J(\theta) = J(0)\cos^{\lambda}\theta - J(0)\cos^{\lambda}\alpha\cos^{\lambda}\beta = \frac{d^2N}{St\sin\beta\cos\beta\, d\alpha\, d\beta}$$

d'où

$$(1)\qquad dN = 2St\,J(0)\cos^{\lambda}\alpha\, d\alpha \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\lambda+1}\beta\sin\beta\, d\beta,$$

$$(2)\qquad N = 2St\,J(0)\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\lambda}\alpha\, d\alpha \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\lambda+1}\beta\sin\beta\, d\beta.$$

L'équation (1) nous montre que la répartition zénithale est donnée par celle

(1) J. A. Simpson, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1175.

(2) J. A. Simpson, H. W. Baldwin et R. B. Uretz, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 332.

(3) M. Morand, C. Beets et L. Winand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 227.

(4) K. R. Dixit, *Indian J. Phys.*, 24, 1950, p. 501.

(5) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1875.

de l'angle α. L'intensité absolue verticale $J(0)$ est calculée au moyen de l'équation (2). La valeur de λ est $1,43 \pm 0,85$ pour le Mont Ventoux et $1,41 \pm 0,35$ pour le Kebnekaise. Ceci est sensiblement égal à la valeur $1,66 \pm 0,33$ pour les nucléons de moyenne énergie ([6]) mais inférieure à la valeur $2,56 \pm 0,28$ trouvée pour les plaques exposées à Tamanrasset ([7]) (altitude 1400 m, latitude 25°30′ N). Pour le Mont Ventoux (8,19 m d'eau), l'intensité absolue $J(0)$ est de $(3,26 \pm 0,10).10^{-4}$ par cm²/s.stérad. (jusqu'à 230 MeV). Si l'on compare la valeur trouvée pour Tamanrasset (8,73 m d'eau) de $(1,625 \pm 0,072).10^{-4}$ à l'intensité du Mont Ventoux réduite à 1400 m (en tenant compte d'un parcours d'absorption de 160 g/cm², on trouve un effet de latitude de $30,9 \pm 4,8$ % en bon accord avec Dixit ([4]).

La première expérience de Pomerantz ([8]), confirmée par les expériences récentes, a démontré que l'intensité du rayonnement cosmique augmente avec la latitude ($> 45°$) en haute atmosphère. En avion, Simpson ([1]) a trouvé une augmentation d'environ 10 à 30 % pour les neutrons rapides entre 45° et 60°. Il n'y a pas de variation ([9]) pour les particules pénétrantes ayant un parcours supérieur à 10 et à 20 cm de plomb. Morand et Tsai-Chü ([7]) ont remarqué que les mésons arrivant à basse altitude nécessitent des nucléons primaires de très grande énergie et ne sont pas influencés par le champ magnétique terrestre, tandis que les secondaires des cascades nucléaires de quelques Bév seulement prolongées par les neutrons-protons peuvent arriver à basse altitude. Adams et Braddick ([10]) ont trouvé une différence de 2 % pour les neutrons entre 54°5 et 56°5 de latitude géomagnétique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'application du permanganate de potassium à la mise en évidence, d'une façon visible, des charges électriques engendrées pendant la diffusion.* Note de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Eugène Darmois.

Avec l'aide de $KMnO_4$ on met en évidence, d'une façon visible, les charges électriques engendrées pendant la diffusion soit par différence de mobilité des ions, soit par adsorption.

Dans la préparation du tube pour les expériences d'obtention de charges électriques à l'intérieur des solutions ([1]), nous avons rempli partiellement un tube en U, placé verticalement, avec une solution diluée

---

([6]) P. Bassi, C. Manduchi et P. Veronesi, *Nuovo Cimento*, 9, 1952, p. 722.
([7]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1502.
([8]) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 830.
([9]) H. V. Neher, *Progress in Cosmic Ray Physics*, 1952, p. 305.
([10]) *Z. Naturforsch J.*, 6*a*, 1951, p. 592.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1297.

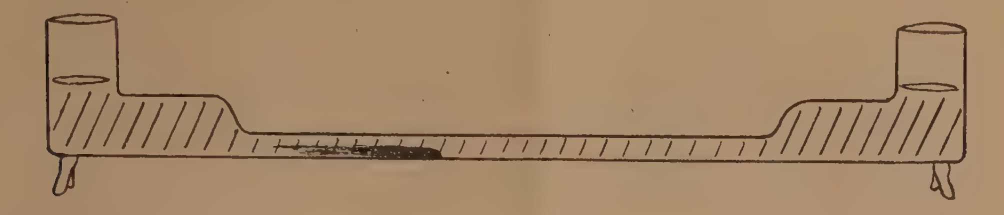
de $KMnO_4$ (3.10^{-4} M) et introduit après par le fond et très lentement, une solution concentrée de HCl. La solution concentrée de HCl pousse la solution diluée de $KMnO_4$, mais il se forme cependant une région d'interpénétration. Si l'on observe de près cette région de transition (en absence de tout champ électrique), on y voit deux zones : un disque violet foncé suivi d'une région décolorée. Nous avons pensé que ces effets de différente coloration pourraient être liés à la formation de charges électriques pendant la diffusion; les ions H^+ étant plus mobiles que les ions Cl^-, il se formerait un front de diffusion avec deux charges de signes opposés, la plus avancée étant positive (excès de H^+) et l'autre négative (excès de Cl^-). Il doit se former une atmosphère ionique macroscopique dans laquelle l'un des ions se trouve en excès et non pas une région dans laquelle il n'y aurait qu'une seule espèce d'ions. Les ions MnO_4^- seraient attirés par la charge positive plus avancée, d'où l'augmentation de la coloration violette; dans la région voisine négative, il s'accumulerait des ions K^+, donc décoloration.

Si l'on répète cette expérience en substituant à HCl la soude NaOH, on observe précisément le contraire : une zone incolore se forme en avant suivie d'une région plus foncée. Les ions OH^- sont maintenant les plus mobiles, la charge en avant sera donc négative et il y aura accumulation d'ions K^+, donc décoloration. Autour de la charge positive moins avancée viendront se placer les MnO_4^-. Si maintenant on fait cette expérience avec un électrolyte dont les ions possèdent à peu près les mêmes mobilités, comme par exemple KCl, on n'observe rien, ce qui s'accorde bien avec les idées exposées. D'une façon générale, ce phénomène est bien visible pour les acides et les bases et peu net pour les sels.

En introduisant des électrodes sondes dans le tube, nous avons pu construire les courbes qui donnent la variation du potentiel entre deux points du tube en fonction du temps. Nous avons constaté que les effets produits par le passage du front de diffusion dans les électrodes, pendant la préparation du tube, accusaient son caractère de double signe, c'est-à-dire deux charges de signes opposés.

Nous avons aussi étudié la diffusion dans des tubes horizontaux, mais pour ralentir le processus de la diffusion nous avons utilisé des tubes minces (2 mm de diamètre intérieur) comme celui représenté par la figure. Nous avons rempli initialement le tube avec une solution diluée de $KMnO_4$ ($2,2.10^{-3}$ M) et, ensuite, versé dans une des extrémités une goutte d'une solution concentrée de l'électrolyte à étudier. Avec les acides, lorsque la diffusion pénètre dans le tube mince, il se forme un petit front violet foncé suivi d'une zone décolorée, étendue et très nette. Quand la diffusion est déjà avancée, le petit front foncé devient imperceptible, mais la zone décolorée reste nette. Avec les bases, on observe le contraire :

petit front décoloré suivi d'une zone étendue violette foncée très nette; quand la diffusion est déjà avancée, le petit front incolore disparaît et la zone foncée reste nette (voir *figure*). Avec les sels, ou bien on n'observe rien, ou alors il se forme, déjà dans un stade avancé de la diffusion, un front légèrement foncé.



La disparition du petit front dans ces expériences pourrait être liée à un phénomène d'adsorption par les parois du tube. Les ions H^+ et OH^- étant les plus adsorbés, cela expliquerait la disparition progressive des petits fronts (H^+ et OH^-).

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Fractionnement des lipides par chromatographie de partage à contre-courant sur papier.* Note de MM. **Louis Douste-Blazy, Jacques Polonovski** et **Paul Valdiguie**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Malgré le très grand développement des techniques de fractionnement fondées sur le partage entre deux solvants (chromatographie sur papier et distribution à contre-courant), le domaine des composés lipidiques est encore peu exploré ([1]). La raison en est que les lipides sont insolubles dans l'eau qui sert ordinairement de phase fixe dans ces méthodes d'analyse.

Nous avons cherché des couples de solvants non miscibles, dans lesquels les lipides sont solubles; puis nous avons mis au point une nouvelle méthode de chromatographie de partage sur papier, à contre-courant, à deux phases organiques.

Couples de solvants. — Nous avons spécialement étudié les couples suivants :

Méthanol aqueux (1 à 20 % d'eau), éther de pétrole (É 40) ou heptane;

([1]) Chromatographie sur papier : J. Boldingh, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 69, 1950, p. 247; T. H. Bevand, G. I. Gregory, T. Malkin et A. G. Poole, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 841; E. Hecht et C. Mink, *Bioch. Bioph. Acta*, 8, 1952, p. 641; M. Barbier et E. Lederer, *Bioch. Bioph. Acta*, 8, 1952, p. 590; H. P. Kaufmann et J. Budwig, *Fette u. Seifen*, 54, 1952, p. 156; *cf.* Revue in J. Asselineau, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 884.

Distribution à contre-courant : C. R. Sholfield, T. A. Mc Guire et H. J. Dutton, *J. Amer. Oil. Chem. Soc.*, 27, 1950, p. 352; T. A. Mc Guire et F. R. Earle, *id.*, 28, 1951, p. 328; J. A. Lavern, *J. Biochem.*, 51, 1952, p. 464.

Méthanol aq. (1 à 20 %), éther de pétrole + chloroforme (0 à 50 %);

Méthanol aq. + acétone, éther de pétrole + chloroforme (0 à 50)%;

Acide acétique aq. (1 à 20 %), éther de pétrole + chloroforme (0 à 50 %);

Acide acétique + méthanol + eau, éther de pétrole + chloroforme (proportions variées);

Pyridine + méthanol + eau, heptane ou éther de pétrole + chloroforme.

Les couples utilisables sont uniformément variables par addition d'eau ou de chloroforme qui diminuent la solubilité de certains lipides dans la phase hydrophile et l'augmentent dans la phase éthérée; il est donc possible de trouver le couple optimum pour la séparation cherchée.

On peut ainsi séparer les stérols et les stérides des phospholipides, les lécithines des céphalines et fractionner les lécithines ou les céphalines elles-mêmes.

Chromatographie de partage entre deux phases organiques à contre-courant. — La méthode que nous avons mise au point diffère des méthodes habituelles en ce que le papier trempe par chacune de ses extrémités dans un solvant différent; le solvant léger ascendant s'arrête au moment de la rencontre avec le solvant descendant. La tache initiale est déposée dans la partie supérieure du papier et l'on s'arrange pour amener la rencontre des solvants juste au-dessus de la tache.

La chromatographie a lieu dans une cuve comportant une nacelle pour le solvant supérieur; un dispositif plus simple peut même être réalisé avec deux tubes de diamètre différent emboîtés et une bande de papier étroite (1 à 4 cm) (papier Whatman ou Arches). Durée, 8 à 12 h à 18° C.

Après séchage du papier, les bandes sont révélées de différentes manières :

Le Soudan III ou, mieux, le noir Soudan (0,5 % dans l'éthanol à 60°) colorent les glycérides, stérides et céphalines.

L'immersion dans l'acide phosphomolybdique (sol. aq. à 1 %) suivie d'un lavage à l'eau et d'une réduction par le chlorure stanneux (sol. à 1 % dans l'eau ou ClH_3N), colore les composés choliniques (lécithines et sphingomyélines).

La pulvérisation de ninhydrine (0,2 % dans le butanol) colore les céphalines et les acides aminés qui peuvent les accompagner.

La pulvérisation d'acide silicotungstique (ou phosphotungstique) (10 % dans l'éthanol), suivie d'un bref passage à l'étuve, colore en pourpre le cholestérol.

A titre d'exemple, nous décrirons les résultats obtenus pour un extrait alcooloéthéré de sérum sanguin humain, une ovolécithine et une céphaline de cervelle de mouton avec les couples suivants : éther de pétrole, 75 cm^3; chloroforme, 10 cm^3; acide acétique, 60 cm^3; méthanol, 30 cm^3; eau, 5 cm^3

ou éther de pétrole, 75 cm^3; chloroforme, 15 cm^3; acide acétique, 25 cm^3; méthanol, 25 cm^3; eau, 2,5 cm^3.

A. Sérum : une, deux ou trois taches bleu molybdiques (lipides choliniques) entraînées par la phase acétique [Rf (2) 0,8 à 0,6]. Deux taches colorables à la ninhydrine dont une seule retient le noir Soudan (Rf entre 0,3 et 0,6). Une tache colorable au Soudan correspondant aux lipides éthérosolubles (Rf 0 à 0,1).

B. Lécithine : une tache colorable au bleu molybdique (Rf 0,8 environ).

C. Céphalines : une tache éthérosoluble non entraînée par la phase acétique colorable au Soudan, mais non à la ninhydrine et quatre taches colorables à la ninhydrine. Aucune n'est colorable au bleu molybdique.

L'utilisation des mêmes couples de solvants dans un appareil de distribution à contre-courant de type Craig nous a donné des résultats comparables, nous permettant une séparation des mêmes fractions.

DISTILLATION DE PRÉCISION. — *Contribution à l'étude de l'effet du prélèvement intermittent sur l'efficacité des colonnes à rectifier.* Note (*) de M. **René Romanet**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note (1) j'ai montré que pour des colonnes à rectifier de grande efficacité utilisées avec des rapports de rétrogradation élevés le prélèvement intermittent donnait une meilleure séparation que le prélèvement continu.

Mais il importe de remarquer que le rapport de rétrogradation est défini dans le cas du prélèvement discontinu par analogie avec le cas du prélèvement continu. En fait, sa signification dans le premier cas est loin d'être aussi simple que dans le second cas. En particulier, les deux durées t et T du cycle de prélèvement intermittent étant indépendantes l'une de l'autre, un même rapport de rétrogradation peut théoriquement être obtenu d'une infinité de façons.

Dans le présent travail j'ai cherché quelle était, pour un même rapport de rétrogradation, l'influence de la valeur du prélèvement unitaire a sur l'efficacité de la colonne, toutes les autres caractéristiques de fonctionnement restant inchangées (1).

La figure traduit les résultats obtenus pour un rapport de rétrogradation

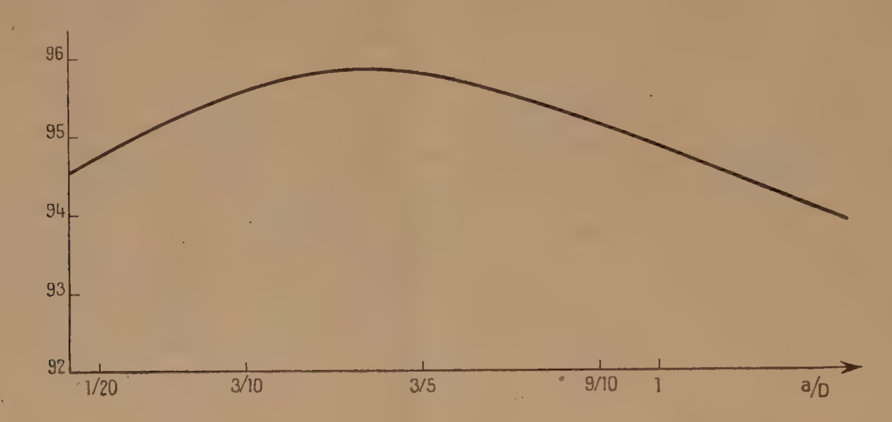
---

(2) Le calcul des Rf est arbitraire, car nous prenons pour origine le point de rencontre des solvants. Il ne correspond pas exactement au coefficient de partage, car l'adsorption sur le papier joue un rôle, et les volumes des phases en présence ne sont pas absolument constants au voisinage des fronts des solvants.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1390.

R = 150. En abscisse on a porté le rapport a/D [a, valeur du prélèvement unitaire; D, valeur moyenne de la quantité de distillat prélevée par heure; cette valeur est constante dans toutes les expériences (le rapport a/D est homogène à un temps)].



En ordonnée on a porté l'efficacité de la colonne définie comme précédemment [2].

A la valeur $a/D = 0$ correspond l'efficacité de la colonne en prélèvement continu.

On voit que si l'on fait croître la valeur de a l'efficacité de la colonne passe par un maximum, puis décroît régulièrement et peut prendre des valeurs inférieures à celle correspondant au prélèvement continu. Autrement dit, l'augmentation d'efficacité entraînée par le fonctionnement avec prélèvement discontinu n'est obtenue, pour un rapport de rétrogradation donné, que par un choix convenable du cycle de prélèvement.

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE. — *De l'influence des phénomènes de surface sur la cinétique d'inflammation des propergols liquides.* Note (*) de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Eugène Darmois.

Des résultats sont rapportés qui dégagent l'influence de la surface sur les phénomènes d'inflammation de deux jets de liquides autoréagissants et pulvérisés l'un contre l'autre.

Cette influence trouve son application dans les systèmes d'injection des propergols utilisés en autopropulsion thermique.

L'étude des réactions d'inflammation de l'acide nitrique à haute concentra-

(2) R. Romanet, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 412.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

tion avec différentes substances organiques, nous a permis de faire les remarques suivantes :

On a trouvé que des corps susceptibles d'abaisser la tension interfaciale d'un système de deux jets autoréagissant l'un contre l'autre, favorisaient l'auto-inflammation de ce système.

Pour mettre en évidence ce phénomène, on a utilisé tout d'abord le dispositif suivant : une quantité d'acide nitrique d'un volume de 1 cm^3 (97-98 %) tombe d'une hauteur de 15 cm dans une coupelle contenant 1 cm^3 de substance organique liquide auto-inflammable. Le phénomène est enregistré par une caméra à déroulement rapide (64 images seconde par exemple).

Le « retard à l'inflammation » en présence d'acide nitrique de la substance organique considérée, est le temps qui s'écoule entre le contact de la goutte avec la surface du liquide de la coupelle, et l'apparition de la flamme. La lecture du film donne le résultat en images, que l'on traduit en temps.

Cette méthode est désignée dans ce qui suit par le terme de « méthode au bain ».

Les combustibles utilisés étaient l'alcool furfurylique et des solutions huileuses de dicyclopentadiène à 83 % et 37 % ([1]).

Voici pour deux de ces couples auto-inflammateurs et différents corps tensio-actifs les retards d'inflammation obtenus, en 10^{-2} s en présence d'acide nitrique 97 %.

Combustible.	Alcool furfurylique.	Dicyclopentadiène à 83 %.
Normal	3,1	7
+ 0,5 % oléylamide	2,3	3,9
+ 0,5 % oléate de triéthanolamine	2,3	3,1
+ 0,5 % oléate de glycérol	2,3	3,9
+ 0,5 % oléate de propylène-glycol	2,3	3,1
+ 0,5 % bromure de cétyl-pyridinium	3,1	4,7
+ 0,5 % sulforicinolate de sodium	1,6	4,7
+ 0,5 % alcoyl-arylsulfate de sodium	2,3	4,7
+ 0,5 % alcoylsulfate de sodium	2,3	3,1

L'abaissement du retard d'inflammation est beaucoup plus accusé, si l'on part de deux jets de ces liquides, qu'on pulvérise l'un contre l'autre. La méthode utilisée pour la mesure du retard d'inflammation de tels systèmes, a été développée par Stanley V. Gunn ([2]).

Les résultats qui suivent sont relatifs à ce procédé de mesure appliqué à l'inflammation des couples mentionnés plus haut, à partir d'acide nitrique à 98 %. Pour comparaison, on a également porté les retards d'inflammation correspondants obtenus par la méthode au bain :

([1]) *J. Amer. Rocket Soc.*, 21, 1951, p. 129-131.

([2]) *J. Amer. Rocket Soc.*, 22, 1952, p. 33-38.

Couple considéré.		Injecteur.	Bain.
Alcool furfurylique	+ acide nitrique	2,99	2,3
»	à 0,5 % d'alcoylsulfate de Na + acide nitrique.	1,44	2,3
»	+ acide nitrique à 0,5 % d'alcoylsulfate de Na.	2,27	2,3
Dicyclopentadiène	à 37 % + acide nitrique	–	1,6
»	à 37 % + acide nitrique à 0,5 % d'alcoylsulfate de Na	1,25	1,6

Des mesures de tension superficielle de chaque substance par rapport à sa vapeur, montrent que ces corps n'agissent pas comme abaisseurs de tension superficielle. L'expérience montre d'autre part que les faibles quantités de substances ajoutées ne permettent pas une si grande variation du retard d'inflammation du couple par leurs propriétés internes. Ces substances étant d'autre part connues pour leurs propriétés tensioactives à l'interface de deux liquides, l'un aqueux, l'autre organique, elles agissent certainement comme abaisseur de tension interfaciale entre les composants du système hétérogène : acide nitrique-combustible.

On peut prévoir dans ce cas que l'effet optimum sera obtenu avec des hypotenseurs à anion actif (oléates, alcoylsulfates...), lequel a tendance à être adsorbé de façon intense à la surface du combustible au moment du contact. Les résultats portés plus haut justifient bien cette interprétation.

Indépendamment de l'action des hypotenseurs, les résultats mentionnés plus haut et concernant un couple donné, montrent que le retard d'inflammation est une fonction croissante de la quantité de mouvement des jets, c'est-à-dire : de la pulvérisation du système liquide.

Ils permettent également de constater que l'action des hypotenseurs est d'autant plus grande que la pulvérisation du liquide est plus élevée.

Ces résultats trouvent leur application dans l'initiation de la combustion dans les engins autopropulsés à propergols liquides utilisant l'acide nitrique pour comburant, l'inflammation du mélange devant se réaliser, pour des raisons de sécurité, sans retard appréciable.

L'étude des phénomènes de surface accompagnant l'inflammation et la combustion des jets liquides, se poursuit tant du point de vue théorique que du point de vue expérimental.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *L'influence de l'histoire thermique sur la variation isotherme du volume spécifique du polystyrolène.* Note de M. **André Kovacs**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans une Note récente ([1]) nous avons montré qu'au-dessous de la tempé-

([1]) A. Kovacs, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1127. Dans la formule, p. 1129, *il faut lire* $[1 - \tau \log(t/t_0)]$.

rature apparente de transition, T_g, l'évolution isotherme du volume spécifique d'un échantillon de polystyrolène dépend non seulement de la température T_i, mais aussi de son « passé thermique ». Nous avons mis en évidence d'autre part qu'il suffisait de porter l'échantillon à une température $T_0 > T_g$ pour « effacer » son histoire thermique antérieure. En effet, c'est seulement après avoir fait subir à nos éprouvettes un tel traitement que nous avons pu reproduire à volonté les résultats concernant la contraction isotherme du volume à une température $T_i < T_g$ en fonction du temps.

Nous examinerons ici l'évolution isotherme à une température T_2 du volume d'un échantillon qui a été refroidi au préalable à partir d'une température de référence $T_0 > T_g$ à une température T_1, où il a été maintenu pendant des durées variables t_1 ; T_1 et T_2 étant inférieures à T_g.

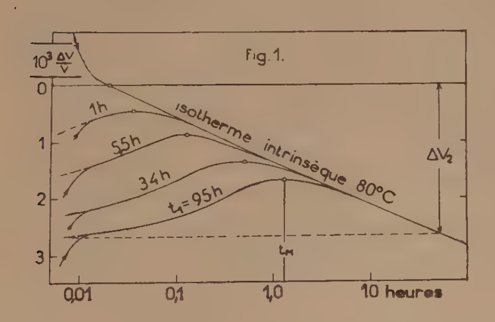
Deux possibilités peuvent se présenter.

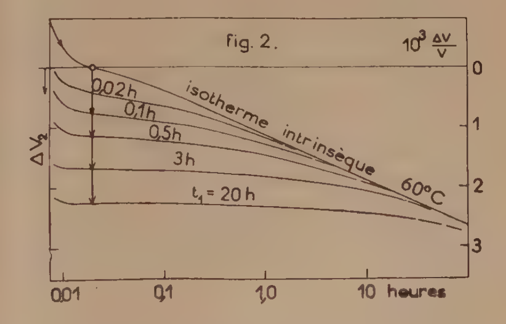
a. $T_0 > T_g > T_2 > T_1$; *réchauffement partiel*. — La figure 1 représente une famille de courbes relatives à la variation isotherme du volume d'un échantillon en fonction de $\log t$ à 80°C après des séjours de durée variable (t_1) à 60°C. On constate que toutes les courbes après avoir passé par un maximum au bout d'un temps t_M tendent vers la courbe de contraction obtenue par refroidissement direct à partir de T_0 ($t_1 = 0$) que nous appellerons « isotherme intrinsèque » à T_2.

On peut déduire de l'examen de cette famille d'isothermes la relation suivante :

$$\log t_M = a \log t_1 - \log C_{1,2},$$

dans laquelle a est un facteur voisin de 1, mais plus petit et $C_{1,2}$ une constante qui croît rapidement avec $(T_2 - T_1)$.





D'autre part, si Δv_1 est la contraction isotherme du volume au bout d'un temps t_1 à la température T_1, on a (*fig.* 1) $\Delta v_1 = \Delta v_2$ (dans le cas où t_1 est suffisamment grand pour que les débuts de courbes de dilatation isotherme soient facilement observables à T_2) autrement dit la *contraction isotherme se conserve au cours d'une élévation rapide de température.*

b. $T_o > T_g > T_1 > T_2$; *refroidissement par étape.* — La figure 2 représente une famille de courbes de contraction isotherme obtenues avec le même échantillon à la température de 60° C après des séjours de durée variable (t_1) à 80° C. Les différentes isothermes ainsi obtenues débutent par un palier (d'autant plus accusé que t_1 est plus grand) et tendent comme précédemment vers l'isotherme intrinsèque obtenue par refroidissement direct ($t_1 = 0$) de T_o à 60° C. Là encore on peut déduire de l'examen de ces courbes que la *contraction isotherme se conserve au cours d'un abaissement rapide de la température.*

On peut considérer la variation de volume comme une « déformation » se composant d'une déformation instantanée (élastique) et d'une déformation retardée (élasto-visqueuse), et essayer d'y appliquer le principe de superposition de Boltzmann [2]. Nous reviendrons ultérieurement sur cette question.

CÉRAMIQUE. — *Propriétés caractéristiques des matériaux céramiques obtenus par frittage.* Note de M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

Les variations de densité apparente dans l'échantillon cru, modifient l'orientation moyenne de l'échantillon et entraînent des variations locales de retrait, origine de la plupart des défauts de fabrication. L'expérience démontre le caractère local et souvent incomplet des réactions dans le matériau céramique.

Il est bien connu que le retrait d'un échantillon céramique n'est pas le même, en général, dans toutes ses dimensions. Nous avons montré la formation d'une structure feuilletée au sein de l'aggloméré dans une direction perpendiculaire à la pression aussi bien pour des produits lamellaires que pour des oxydes additionnés de liants organiques [1].

Nous avons constaté que la mise en forme d'un produit céramique dans une filière nécessite que les pressions développées par les frottements de la matière sur l'embout de la filière soient plus élevés que la pression exercée par le piston dans la chambre de filage. L'orientation, toujours dans une direction perpendiculaire à la pression maximum, est ici parallèle à la direction de l'écoulement. Le départ des liants volatils, pendant le traitement thermique, s'effectue principalement suivant des plans parallèles à la direction de l'orientation; le rapprochement de ces plans entraîne un retrait plus élevé dans la direction où s'est exercée la pression de mise en forme.

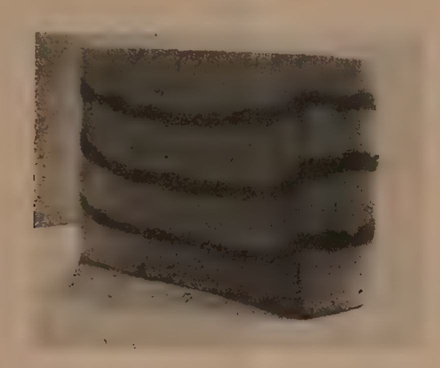
L'expérience montre que la différence des retraits mesurés dans une direction perpendiculaire à l'orientation et dans la direction de l'orientation est, toutes conditions égales d'ailleurs, d'autant plus élevée que la

(2) *Pogg. Ann. Phys.*, 7, 1876, p. 624.

(1) R. Lecuir, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 191.

matière pressée est moins plastique et, par suite, présente une orientation plus marquée.

Inversement, une teneur en liant plus élevée tend à réduire l'écart des retraits mesurés dans les deux dimensions. Les variations des retraits linéaires, résultant de ce phénomène peuvent être importantes, par exemple de 5 %. Les phénomènes physico-chimiques du traitement thermique conduisent alors à un matériau homogène. Les conditions de mise en forme initiale déterminent alors un échantillon cuit, dont la forme est rarement homothétique de l'échantillon cru.



Nous avons montré précédemment qu'il existe une relation entre les déformations, les ruptures des pièces céramiques après cuisson, et les variations locales de la densité apparente des constituants minéraux au sein de l'échantillon. La mise en forme de la pièce crue détermine ces variations, les tensions internes correspondantes entraînant la déformation ou la rupture de l'échantillon [2].

Les différences locales des forces de tassement et du tassement lui-même de la poudre modifient l'orientation générale de l'aggloméré et, par suite, la direction dans laquelle se produit le retrait maximum. Il n'est jamais possible, en pratique, d'éviter au cours de la mise en forme, ce phénomène parasite qui est à l'origine de la majeure partie de défauts de fabrication. Ce phénomène doit déterminer dans un échantillon sans déformation, ni rupture, l'existence de tensions provenant de la mise en forme et subsistant après cuisson, à condition que les réactions physico-chimiques qui donnent naissance au matériau céramique, même étanche, gardent un caractère local.

Nous avons utilisé un dispositif déjà décrit pour l'étude des échantillons crus moulés sous pression, caractérisé par la présence de couches colorées équidistantes avant moulage. Nous avons substitué au colorant organique utilisé dans ces expériences, de faibles quantités d'oxydes, déter-

---

([2]) R. Lecuir, *Ann. Radioélectricité*, 6, n° 23, 1951.

minant après cuisson une coloration de la masse. Après cuisson jusqu'à l'étanchéité, les couches colorées conservent la même allure que dans l'échantillon cru, comme le montre la photographie ci-devant.

Cette expérience montre, qu'au cours du frittage céramique (sauf dans des cas très particuliers), la diffusion reste assez faible et ne détruit pas l'hétérogénéité apportée par la mise en forme dans un matériau céramique. Les différences de densité au sein de la masse crue introduisent donc alors des tensions après cuisson, même dans un échantillon sans défaut apparent.

Les matériaux préparés par frittage se différencient ainsi des produits préparés par fusion, en raison du caractère local et souvent incomplet des réactions physico-chimiques qui leur donnent naissance, et du rôle important que jouent les conditions de mise en forme sur l'homogénéité et les variations de retrait du produit fini.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption des dérivés hydroxylés du xanthène (résorcine-benzéines).* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'analyse spectrale a, pour la première fois, permis d'établir que les dérivés hydroxylés du triphénylméthane (benzaurines, phénolphtalènes, etc.) sont susceptibles, en milieu neutre, d'exister sous plusieurs formes transformables les unes en les autres réversiblement : une forme incolore (carbinolique ou lactonique selon les cas) et trois formes colorées [(soient (A), (B), (B')]. L'équilibre entre ces diverses formes est déplacé, en faveur de B en milieu basique et de B' en présence d'acide. [Voir *fig.* 1, les courbes de la benzaurine dans $CHCl_3$) (courbe 1) forme (A), dans $CHCl_3 + ClH$ (courbe 2) forme (B') et dans KOH alcoolique (courbe 3) forme (B)].

Alors que la forme (A) peut être représentée, d'après son spectre, par la formule quinoïde [1], nos schémas sont impuissants à expliquer l'absorption des formes (B) et (B'). L'analyse des phénomènes m'avait conduite à admettre que l'apparition de ces deux formes était conditionnée par la structure électronique du carbone central. Récemment, M. Sandorfy [2] utilisant les méthodes de la mécanique ondulatoire, a confirmé cette hypothèse et précisé la structure électronique de (B) et (B') de la benzaurine.

Il était à penser que l'introduction d'un oxygène pontal entre deux des noyaux de la benzaurine [ce qui conduit à la résorcine-benzéine (II)]

---

[1] Mme Ramart, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 477.

[2] *Comptes rendus*, 7, 1951, p. 633.

entraînerait un changement plus ou moins profond dans l'allure des phénomènes.

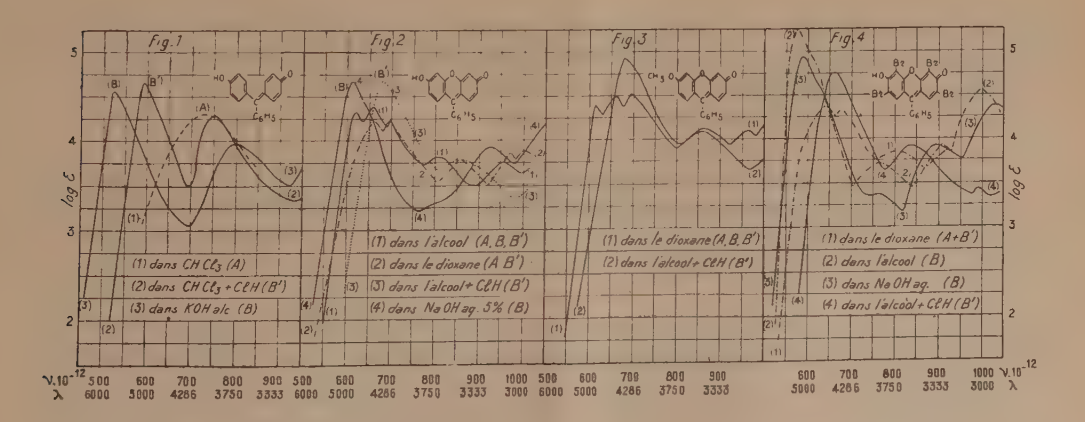
HO— C —O, C_6H_5 (I)

HO— O —O, C, C_6H_5 (II)

CH_3O— O —O, C, C_6H_5 (III)

En effet, alors que dans la série du triphénylméthane ,les noyaux aromatiques sont seulement liés au carbone central et peuvent ainsi prendre les positions représentées dans les schémas de M. Sandorfy, le degré de liberté de ces noyaux se trouve limité par la présence de l'hétérocycle dans les dérivés du xanthène.

L'expérience a effectivement montré que, dans cette série, si le phénomène essentiel, c'est-à-dire l'existence des formes (A), (B) et (B′) se manifeste comme dans le cas des dérivés du triphénylméthane, la présence de l'oxygène pontal provoque des changements importants à la fois dans la position des bandes (qui gardent sensiblement la même allure) et dans l'équilibre des formes présentes.



Alors que la bande visible de chacune des variétés de la benzaurine et de ses dérivés se succèdent vers le rouge dans l'ordre : (A), (B′), (B) (*voir fig.* 1), cet ordre devient (B′), (A), (B) dans la série du xanthène (*fig.* 2

et 4). En ce qui concerne l'équilibre, contrairement à ce qui se passe dans la série du triphénylméthane, le spectre de (A) n'apparaît à l'état pur dans celui d'aucune des solutions des résorcine-benzéines étudiées. C'est ainsi que dans les spectres des solutions alcooliques ou chloroformiques de ces composés, la bande visible de chacune des trois formes apparaît (*fig.* 2) et que l'absorption des solutions dioxaniques correspond à la présence des formes (A) et (B') (*fig.* 2 et 4).

L'éthérification de l'hydroxyle phénolique ne provoque aucun phénomène nouveau si ce n'est que, dans les spectres de toutes les solutions neutres de méthylbenzaurine (III) (y compris le dioxane), on peut déceler ceux des trois formes (*fig.* 3). Enfin, l'introduction de quatre atomes de brome, soit dans la benzaurine, soit dans la résorcine-benzéine, provoque dans l'un et l'autre cas, un déplacement de l'équilibre en faveur de (B). Le spectre de la tétrabromorésorcine-benzéine dans l'alcool neutre est voisin de celui de sa solution alcaline (*fig.* 4).

En définitive, l'étude des spectres d'absorption de la résorcine-benzéine et de ses dérivés a permis d'établir que, comme dans la série du triphénylméthane, ces composés peuvent exister sous les trois formes colorées (A), (B), (B'), transformables les unes en les autres réversiblement. Ici encore, (A) peut être, d'après son spectre, représentée par le schéma quinoïde habituel. En ce qui concerne les formes (B) et (B') qui ne peuvent être représentées par nos formules, on doit admettre que le passage de (A) en (B) ou (B') est accompagné d'un changement profond dans l'état électronique du carbone central (passage d'un carbone tétraédrique en carbone graphitique).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le nitrile chloro-4 pentène-3 oïque et quelques composés apparentés.* Note de MM. **Marcel Fétizon** et **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

La cyanuration du dichloro-1.3 butène conduisit au nitrile chloro-4 pentène-3 oïque. Celui-ci a été hydrolysé en l'acide correspondant puis en acide lévulique. La réduction de l'acide chloro-4 pentène-3 oïque donna le chloro-4 pentène-3 ol-1, qui fut transformé par la potasse en pentyne-3 ol-1.

L'un de nous a étudié récemment ([1]), ([2]) des composés obtenus à partir du dichloro-1.3 butène-2. Nous avons maintenant préparé, avec le même produit de départ un certain nombre de composés à cinq atomes de carbone. L'intérêt de ces composés, inconnus jusqu'à présent, vient du fait qu'ils contiennent le

(1) M. Julia, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2615.

(2) M. Julia, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 662.

groupement $CH_3-CCl=CH-CH_2-$ qui peut servir à diverses synthèses : composés acétyléniques, cétones, etc.

En faisant réagir le dichloro-1.3 butène-2 sur le cyanure cuivreux suivant la technique habituelle pour les halogénures allyliques, on obtient avec un rendement de 78 % le *nitrile chloro-4 pentène-3 oïque* (cyanure de β-chlorocrotyle) (I) : liquide incolore qu'on distille directement, sous vide, du milieu réactionnel. Il brunit assez rapidement, l'hydroquinone le stabilise très bien. $\acute{E}_{12}$ 76° ; $\acute{E}_{760}$ 160° ; $n_D^{15,6}$ 1,4620 (C_5H_6NCl ; trouvé %, C 52,36 ; H 5,45 ; N 12,16 ; calculé %, C 51,96 ; H 5,19 ; N 12,12).

(I) $CH_3-CCl=CH-CH_2-CN$,

(II) $CH_3-CCl=CH-CH_2-COOH$.

Par ébullition (2 h) avec deux fois son volume d'acide chlorhydrique concentré, ce nitrile est hydrolysé en *chloro-4 pentène-3 oïque* (II) (56 %) : liquide incolore d'odeur désagréable, $\acute{E}_{11}$ 122° ; $n_D^{15,6}$ 1,4710 ($C_5H_7O_2Cl$; trouvé, C 44,66 ; H 5,42 ; calculé %, C 44,70 ; H 5,24).

Le sel de sodium de l'acide (II), obtenu par dissolution dans le bicarbonate de soude sans excès (la soude risquerait de déplacer la double liaison), donna facilement le *sel de S-benzyl-isothio-uronium* de (II) qu'on recristallise dans l'alcool dilué. F 145° ($C_{13}H_{17}O_2N_2SCl$; trouvé %, N 9,32 ; calculé %, N 9,3).

Par action du chlorure de thionyle sur l'acide (II), on obtient le *chlorure d'acide :* $\acute{E}_{35}$ 82° (80 %).

A partir de ce chlorure d'acide nous avons préparé l'*amide* F 83° (recristallisée dans l'eau) (C_5H_8ONCl, trouvé % ; N 10,43 ; calculé %, N 10,25) ; et l'*anilide* correspondants F 95° (recristallisé dans la ligroïne) ($C_{11}H_{12}ONCl$, trouvé %, N 6,72 ; calculé %, N 6,68).

Par distillation azéotropique d'un mélange de chloro-4 pentène-3 oïque, d'alcool absolu et de benzène en présence d'acide sulfurique concentré, on obtient avec un rendement de 72 % l'ester éthylique de (II) : liquide incolore, $\acute{E}_{25}$ 90° ; $n_D^{21,7}$ 1,4495.

Pinner et Klein ([3]) ont attribué la formule (II) à un produit fondant à 103-104° qu'ils ont obtenu en plusieurs étapes à partir du butyl-chloral.

La structure de notre produit nous semble toutefois être établie par :

1° son mode de préparation qui met en jeu des réactions simples et bien connues ;

2° son hydrolyse, par dissolution dans l'acide sulfurique concentré (dégagement de gaz chlorhydrique) et dilution par l'eau, en acide lévulique (III), identifié par sa dinitrophénylhydrazone, sa phénylhydrazone, et la pyridazinone que donne celle-ci par cyclisation ;

([3]) *Ber.*, 11, 1878, p. 1498.

3° son hydrogénation facile dans l'acétate d'éthyle, en présence de palladium sur carbonate de calcium, en acide γ-chlorovalérique $É_2$ 94°; n_D^{17} 1,4342; amide, F 79°. Wohlgemuth ([4]) indique pour ce composé : $É_{10}$ 115-116°; amide, F 79°. Nous avons aussi préparé son *sel de S-benzyl isothio-uronium*, recristallisé dans l'alcool dilué, F 147° ($C_{13}H_{19}O_2N_2SCl$, trouvé %, N 9,38; calculé %, N 9,25).

(III) $CH_3-CO-CH_2-CH_2-COOH$.

La réduction de l'acide (II) par l'hydrure de lithium-aluminium dans l'éther donne avec un rendement de 88 % le *chloro-4 pentène-3 ol-1*, (IV) : liquide incolore, $É_{35}$ 98°; $n_D^{18,2}$ 1,4702 (C_5H_9OCl, trouvé %, C 49,42; H 7,65; calculé %, C 49,80; H 8,25). L'*α-naphtyluréthanne* de cet alcool fut cristallisée dans la ligroïne; F 67° ($C_{16}H_{16}O_2NCl$; trouvé %, N 4,94; calculé %, N 4,83)

(IV) $CH_3-CCl=CH-CH_2-CH_2OH$,

(V) $CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_2OH$.

Par ébullition avec un excès de potasse aqueuse à 40 % pendant trois heures d'après la méthode employée récemment par Schechter, Green et La Forge ([5]) pour le butyne-2 ol-1, on obtient l'alcool acétylénique (V) : pentyne-3 ol-1; liquide d'odeur forte $É_{35}$ 81-83°; n_D^{17} 1,4607 (Rdt 72 %); α-naphtyluréthanne, F 119°. Crombie et Harper ([6]) ont récemment préparé cet alcool par une autre méthode; ils indiquent : É 154-157°; n_D^{20} 1,4554; α-naphtyluréthanne, F 119°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les dihydropyrannes; passage aux alcools γ éthyléniques ramifiés*. Note de MM. **Henri Normant** et **Jean-Claude Montaigne**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les dihydropyrannes α substitués fixent Cl_2. Les dichlorés 2.3 obtenus permettent la synthèse d'acétals chlorés et le passage aux alcools γ éthyléniques ramifiés ainsi qu'à l'hexyne-4 ol-1.

Les dihydropyrannes α alcoylés (I) ne sont aisément accessibles, à l'heure actuelle, que dans le cas où $R=CH_3$ ([1]) et $R=C_6H_5$; ce dernier a été préparé selon la technique indiquée par l'un de nous ([2]). Ces composés additionnent Cl_2 avec facilité; à froid il se forme principalement des dichlorés (II). Mais la

---

([4]) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1577.
([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 1952, p. 4902.
([6]) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 873.

([1]) Perkin, *J. Chem. Soc.*, **51**, 1887, p. 702.
([2]) H. Normant, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 909.

grande mobilité de l'halogène α fait qu'il est difficile d'arrêter la chloration à ce stade.

$$\underbrace{CH_2.CH_2.CH_2.CH{=}C.R}_{O} \quad (I)$$

$$\underbrace{CH_2.CH_2.CH_2.CHCl.C}_{O}{<}^{Cl}_{R} \quad (II)$$

$$\underbrace{CH_2.CH_2.CH_2.CCl_2.C}_{O}{<}^{Cl}_{R} \quad (III)$$

On a pu isoler (III) ($R=CH_3$), F 111-112°, qui, à l'air humide, se transforme en *dichloro-4.4 hexanol-1 one-5* ($C_6H_{10}O_2Cl_2$), F 92° (CCl_4).

La condensation des dichlorés bruts (II) avec R'MgX conduit aux *dialcoyl-2.2 chloro-3 tétrahydropyrannes* (IV) (Rdt 65 % environ)

$$\underbrace{CH_2.CH_2.CH_2.CHCl.C}_{O}{<}^{R'}_{R} \quad (IV)$$

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}{>}C{=}CH.CH_2.CH_2.CH_2OH \quad (V)$$

qui sont transformés en alcools γ éthyléniques ramifiés (V), par Na divisé, dans de bonnes conditions.

Alcools éthyléniques (V).

R.	R'.	Formule.	E.	N_D.	D_t.	Rdt %.
CH_3	C_2H_5	$C_8H_{16}O$	87/13	1,4548/16	0,864/16	90
CH_3	C_4H_9	$C_{10}H_{20}O$	108/11	1,4575/18	0,862/18	90
CH_3	C_6H_5	$C_{12}H_{16}O$	101-102/0,6	1,5412/21	0,987/21	77
C_6H_5	C_2H_5	$C_{13}H_{18}O$	111-112/0,6	1,5469/21	0,988/21	66

Le traitement de (II) ($R=CH_3$) par $C_6H_5N(C_2H_5)_2$, fournit le *méthyl-2 chloro-3 Δ_2 dihydropyranne* (VI) (C_6H_9OCl), E_{10} 44° n_D^{17} 1,4760 D_{17}^{17} 1,115.

$$\underbrace{CH_2.CH_2.CH_2.CCl{=}C}_{O}{-}CH_3 \quad (VI)$$

$$CH_3{-}C{\equiv}C.CH_2.CH_2.CH_2.OH \quad (VII)$$

d'où l'on passe à l'*hexyne-4* ol-1 (VII) (Rdt 79 %) par Na en poudre. Ses constantes physiques sont en bon accord avec les déterminations récentes ([3]). Il en a été préparé les dérivés nouveaux suivants :

Phényluréthane F 55° (cyclohexane);

3.5-dinitrobenzoate F 68° (éther);

Acétate E_{12} 82-83°; n_D^{16} 1,4475; d_{16}^{16} 0,952.

La pyrolyse de ce dernier, à 480° sur coton de verre, donne l'*hexène-5 yne-2*, E_{753} 87°; n_D^{14} 1,4460; D_{14}^{14} 0,767.

Spectre Raman : raie éthylénique 1643 cm⁻¹; raies acétyléniques 2241 cm⁻¹ (T. F.) et 2303 cm⁻¹ (*m*).

Le composé (VI) accompagne aussi les acétals chlorés obtenus par action des alcoolates sur (II).

([3]) R. PAUL et TCHÉLITCHEFF, *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1952, p. 808.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hypochlorites d'aryle et chlorocyclohexadiène-1.4 ones-3.* Note de MM. **Léon Denivelle** et **Roland Fort**, présentée par M. Marcel Delépine.

Etude de l'isomérisation des hypochlorites d'aryle en chlorocyclohexadiénones. Mécanisme de la chloruration des phénols.

Les hypochlorites d'aryle, dont nous avons donné les modes de préparation et la description dans une Communication précédente [1], peuvent se transformer en leurs isomères paraquinoniques, les chlorocyclohexadiènes-1.4 ones-3, dont la structure est thermodynamiquement plus stable.

La transformation, qui se produit pour certains hypochlorites au cours du vieillissement, nécessite le plus souvent l'intervention de solvants polaires ou de catalyseurs tels que l'iode, les chlorures métalliques ou les hydracides halogénés :

Cl Cl / Cl⟨ ⟩—OCl / Cl Cl (F 51°), $\xrightarrow{I_2,\ HBr\ ou\ Cl_2Zn}$ Cl Cl / Cl_2=⟨ ⟩=O / Cl Cl (F 106°) [2]

Cl Cl / Cl⟨ ⟩—OCl / Cl huileux à 18°, $\xrightarrow{Cl_3Fe}$ Cl Cl / Cl_2=⟨ ⟩=O / Cl (F 112°) [3]

Cl / Cl⟨ ⟩—OCl / Cl huileux à 18°, $\xrightarrow{HCl}$ Cl / Cl_2=⟨ ⟩=O / Cl (F 122°) [4]

CH_3 Cl / Cl⟨ ⟩—OCl / CH_3 Cl (F 69°), $\xrightarrow{simple\ chauffage}$ CH_3 Cl / Cl_2=⟨ ⟩=O / CH_3 Cl (F 107°) [5]

Cette isomérisation permet d'accéder à des chlorocyclohexadiénones encore inconnues, comme la tétrachloro-2.4.6.6 méthyl-1 cyclohexadiène-1,4 one-3, qui n'a pu être préparée par perchloruration directe du méta-crésol [6].

---

(1) L. Denivelle et R. Fort, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1514.

(2) E. Barral, *Thèse*, Paris, 1895.

(3) G. Agnini et L. Casale, *Chim. Ind.*, 1951, p. 490-491.

(4) R. Benedikt, *Monatsheft*, 4, 1883, p. 233; Th. Zincke et C. Schaum, *Ber.*, 27, 1894, p. 545; G. King et H. Mc Combie, *J. Chem. Soc.*, 103, 1913, p. 225.

(5) K. Auwers, *Fortschr. Chem. Phys.*, 18, 1924, p. 39-52; C. H. R. Elston, A. T. Peters et F. M. Rowe, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 367.

(6) R. von Walther et W. Zipper, *J. Prakt. Chem.*, (2), 91, 1915, p. 373; E. Bures, *Chemicke Listy*, 21, 1927, p. 221-227, 261-265.

Transposition de l'hypochlorite de trichloro-2.4.6 métacrésyle. — On maintient à 80° pendant une demi-heure, une solution de 24,6 g d'hypochlorite (0,1 mol-g) dans 25 cm³ d'acide acétique en présence de 0,5 g de chlorure ferrique anhydre. Après 24 h de repos, on sépare par filtration quelques cristaux jaune vif de trichlorotoluquinone et l'on précipite du filtrat la tétrachloro-2.4.6.6 méthyl-1 cyclohexadiène-1.4, one-3, par addition de méthanol. Après cristallisation de l'acide acétique à 60 %, on obtient des cristaux incolores fondant à 87-88°.

Analyse. — Cl actif calculé pour $C_7H_4OCl_4$: 28,86 % ; trouvé 29,3 % ; Cl total calculé pour $C_7H_4OCl_4$: 57,72 % ; trouvé 57,63 %.

Les chlorocyclohexadiénones, décrites jusqu'à maintenant dans la bibliographie, ont toutes été obtenues par chloruration poussée des phénols, et leur constitution a fait l'objet de nombreuses controverses ([7]). Comme on leur a donné parfois la structure d'hypochlorites d'aryle, que nous connaissons bien actuellement, nous avons repris l'étude de la perchloruration des phénols en nous plaçant exactement dans les conditions de travail signalées par les divers auteurs qui se sont occupés de ce problème. Nous avons constaté dans tous les cas, en chlorant tant en milieu aqueux qu'en milieu anhydre, la formation intermédiaire d'hypochlorites d'aryle que nous avons toujours réussi à isoler. Mais, conformément à ce que nous avons indiqué plus haut, ces hypochlorites s'isomérisent plus ou moins rapidement en cyclohexadiénones en cours d'opération et c'est la raison pour laquelle ils ont échappé aux divers investigateurs. Ceux-ci ont décrit des composés chlorés et oxygénés, isolés en fin de réaction, dont les propriétés sont bien celles des cyclohexadiènones.

Les propriétés physiques des chlorocyclohexadiénones les distinguent nettement des hypochlorites isomères; alors que ces derniers sont des corps jaunes à bas point de fusion, à odeur douçâtre, très solubles à froid dans les solvants organiques courants, les chlorocyclohexadiénones sont des corps incolores, à points de fusion nettement plus élevés, à odeur terpénique, difficilement solubles à froid dans le méthanol et l'acide acétique.

Par contre, les hypochlorites d'aryle et les chlorocyclohexadiénones se comportent de manière identique dans de nombreuses réactions chimiques; c'est ainsi qu'ils manifestent en présence de divers composés organiques, les mêmes propriétés chlorurantes et qu'ils sont les uns et les autres dosables par iodométrie en donnant naissance aux mêmes phénols chlorés :

$$\text{Cl}\langle\text{C}_6\text{H}_2(\text{Cl})_2\rangle\text{—OCl} \quad \text{ou} \quad \text{Cl}_2\text{=}\langle\text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_2\rangle\text{=O} + 2\,\text{HI} \rightarrow \text{Cl}\langle\text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_2\rangle\text{OH} + \text{I}_2 + \text{HCl}$$

([7]) L. HUGOUNENQ, *Bull. Soc. Chim.*, (3), 2, 1889, p. 806; TH. ZINCKE et C. SCHAUM, *loc. cit.*; W. M. LAUER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 442-451; C. H. R. ELSTON, A. T. PETERS et F. M. ROWE, *loc. cit.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques acides ortho-toluiques substitués et leurs esters méthyliques*. Note de M. **Daniel Peltier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le but d'étudier systématiquement l'influence de la nature et de la position du substituant sur la constante de dissociation des acides orthotoluiques substitués et sur la vitesse d'hydrolyse de leurs esters méthyliques, nous avons préparé les corps suivants, pour la plupart inconnus.

1° *Dérivés nitrés*. — Les acides nitro-3 méthyl-2 benzoïque et nitro-5 méthyl-2 benzoïque sont obtenus conjointement par nitration de l'acide orthotoluique par le procédé indiqué par A. Giacalone (1). Cet auteur extrait à l'eau bouillante une partie de l'acide nitro-5 ($C_8H_7O_4N$, F 179°) et sépare l'acide nitro-3 ($C_8H_7O_4N$, F 184°) par transformation du mélange résiduel (F 145°) en chlorures d'acides, cristallisation fractionnée des chlorures, et retour à l'acide par la soude. Nous avons réussi à isoler les deux acides nitrés à partir de leur mélange (F 145°) par précipitation fractionnée, avec un rendement presque quantitatif. La nitration de l'acide orthotoluique par le procédé indiqué conduit finalement à trois parties d'acides nitro-5 pour une partie d'acide nitro-3.

Le nitro-4 méthyl-2 benzonitrile ($C_8H_6O_2N_2$, F 100°) préparé par la méthode de S. Gabriel et A. Thieme (2) est transformé par l'acide sulfurique aux deux tiers, à 140°, en une heure et demie, en nitro-4 méthyl-2 benzamide ($C_8H_8O_3N_2$, F 167°) qui n'avait pas encore été isolé. La méthode de Bouveault à l'acide nitreux permet d'obtenir aisément l'acide nitro-4 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_7O_4N$, F 153°) (2). Par chauffage de cet acide avec l'alcool méthylique légèrement sulfurique on obtient son ester méthylique ($C_9H_9O_4N$, F 76°) inconnu à ce jour.

L'ester méthylique de l'acide nitro-6 méthyl-2 benzoïque, préparé par Gabriel et Thieme (2) par l'intermédiaire du chlorure d'acide, s'obtient avec un meilleur rendement par action de sulfate neutre de méthyle sur la solution sodique de l'acide correspondant ($C_9H_9O_4N$, F 50°).

2° *Dérivés aminés*. — Les acides ortho-toluiques substitués dans les positions 3, 4 et 5, par un groupement NH_2 ont été préparés par Jacobsen (3), (4) par réduction des acides nitrés correspondants par le zinc et l'acide chlorhydrique. Nous avons préféré utiliser la réduction par un courant d'acide sulfhydrique des solutions ammoniacales tièdes de ces dérivés nitrés, ce qui

(1) *Gazz. Chem. Ital.*, 65, 1935, p. 840-844.

(2) *Ber. d. Chem. Gesells.*, 52, 1919, p. 1079-1092.

(3) O. Jacobsen et F. Wierss, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 16, 1883, p. 1959.

(4) O. Jacobsen, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 17, 1884, p. 164.

évite l'élimination laborieuse des sels de zinc; les rendements sont excellents.

L'acide amino-3 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_9O_2N$) fond à 187°. Jacobsen (3), (4) donne F 191°, mais la pureté de son produit est douteuse puisqu'il l'obtient par réduction du mélange (F 145°), déjà cité, des acides nitro-3 et nitro-5 où prédomine l'acide nitro-5. Il semble plutôt que le corps (F 191°) de Jacobsen soit l'acide amino-5 impur, cet acide ($C_8H_9O_2N$) fondant à 196° [Jacobsen (3), (4), Teppema (5)].

L'acide amino-4 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_9O_2N$) fond à 165° (4). La réduction par l'acide sulfhydrique gazeux de la solution alcoolique ammoniacale de l'ester méthylique de l'acide nitro-4 conduit à l'ester méthylique de l'acide amino-4 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_{11}O_2N$, F 70°) qui n'avait pas été préparé.

L'acide amino-6 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_9O_2N$) préparé par la méthode de Gabriel et Thieme (2) fond, non à 125-126° comme l'indiquent ces auteurs, mais à 128° (6). L'ester méthylique, non encore signalé, de cet acide s'obtient par réduction de l'ester nitré correspondant au chlorure stanneux; c'est une huile incolore qui cristallise très difficilement ($C_9H_{11}O_2N$, F 15°5).

3° *Dérivés acétaminés.* — Aucun des dérivés acétaminés n'était connu jusqu'à présent. Nous avons préparé : l'acide acétamino-3 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 213°), l'acide acétamino-4 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 247°), l'acide acétamino-5 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 223°), l'acide acétamino-6 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 189°), tous par action de l'anhydride acétique au bain-marie sur les acides aminés correspondants.

De la même façon, à partir de l'ester amino-6, on obtient l'ester méthylique de l'acide acétamino-6 méthyl-2 benzoïque ($C_{11}H_{13}O_3N$, F 80°).

4° *Dérivés cyanés.* — La méthode au cyanure cuivreux, appliquée aux acides aminés correspondants, nous a conduit aux acides cyanés suivants, tous inconnus à ce jour : acide cyano-3 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_7O_2N$, F 209°) acide cyano-4 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_7O_2N$, F 195°), acide cyano-5 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_7O_2N$, F 149°). Par contre, les différents essais que nous avons tentés pour obtenir de la même façon l'acide cyano-6 nous ont toujours conduit à un acide fondant à 173° que nous avons identifié à l'acide hydroxy-6 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_8O_3$), préparé comme l'indiquent F. Mayer et R. Schulze (6) encore que le point de fusion signalé par ces auteurs (F 168°) semble devoir être plus élevé.

L'action de l'alcool méthylique légèrement sulfurique sur les acides cyano-4 et cyano-5 conduit respectivement à l'ester méthylique de l'acide cyano-4 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_9O_2N$, F 91°) et à l'ester méthylique de l'acide cyano-5 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_9O_2N$, F 45°).

La méthode au cyanure cuivreux, appliquée à l'ester amino-6, fournit,

---

(5) J. Teppema, *Rev. d. Trav. Chem. d. Pays-Bas*, **42**, 1923, p. 44.

(6) F. Mayer et R. Schulze, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 58, 1925, p. 1467.

avec un rendement très faible, l'ester méthylique de l'acide cyano-6 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_9O_2N$) très difficile à purifier. Après sublimation, F 42°.

Nous continuons nos recherches en préparant les dérivés encore manquants dans les séries étudiées ici, puis les dérivés à groupement substituant halogène, hydroxy, méthoxy ou éthoxy.

MINÉRALOGIE. — *Étude minéralogique de quelques argiles dévoniennes de l'Uruguay central.* Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **Juan Goñi**, transmise par M. Charles Mauguin.

Par l'intermédiaire de M. Tosi (1), nous avons eu à notre disposition dix échantillons d'argile provenant de Blanquillos, Saint-Ramon de Cañas, Sarandi del Yi, de la section 6 et de la section 13 dans le département de Durazno (Uruguay central). Ils appartiennent à la transgression marine du Dévonien inférieur, probablement à l'horizon de base gréseux et feldspathique.

L'étude de ces matériaux comporte l'identification des fractions phylliteuses ainsi que l'examen des sables.

La phyllite a pu être déterminée directement sur les échantillons initiaux, grâce aux courbes thermiques différentielles obtenues à l'aide du dispositif Saladin-Le Chatelier, en utilisant, pour le chauffage, un four Chévenard à cycle thermique imposé (2).

Toutes les courbes présentent les mêmes accidents. Elles ne mettent en évidence, en dehors du départ de l'eau hygroscopique, qu'un crochet endothermique vers 500° et un exothermique vers 950°. Ces deux inflexions caractérisent nettement la kaolinite. Si les courbes thermiques montrent que la phyllite est de même nature, dans tous les prélèvements, elles mettent en évidence une variation notable de la teneur en constituant phylliteux. C'est ainsi que l'argile de la section 6 apparaît comme une kaolinite presque pure, tandis que l'échantillon n° 10 de la section 13 n'en renferme que très peu.

La quantité de silicate argileux a été précisée à l'aide des courbes thermopondérales. Les pertes de poids subies entre 450 et 700° étant attribuées à la déshydratation de la phyllite. Ci-après sont réunies, pour chaque échantillon, les pertes d'eau de constitution, la teneur en phyllite et la valeur du pH.

---

(1) Professeur à l'Université de Montevideo.

(2) J. Goni, Résumé des communications du XIX[e] *Congrès géologique international*, Alger, 1952, p. 166.

Nos	Provenances.	Phyllite eau % entre 450 et 700°.	Phyllite % kaolinite.	pH.
1	Blanquillos	6,8	48,2	6,1
2	»	9,2	67	6,2
3	»	7	51,5	7,2
4	Saint-Ramon de Cañas	7,2	52,8	6,8
5	»	9,4	67,1	6,4
6	Sarandi del Yi	8,2	60	6,6
7	»	9,6	70	6,7
8	Section 6	12,8	91,4	6,2
9	Section 13	12,2	90	6,2
10	»	0,6	10	6,4

Étant donnée l'analogie du constituant phylliteux, nous avons cherché à établir des différences d'après la nature minéralogique des sables.

Dans chaque échantillon, la fraction sableuse supérieure à 20 μ a été isolée par sédimentation. Les lots grossiers ainsi recueillis sont formés de minéraux transparents et de couleur claire. Ils ont été utilisés pour confectionner des préparations qui ont été examinées au microscope polarisant en lumière transmise. Les caractères optiques ont permis d'identifier leurs constituants.

D'après la composition minéralogique, on peut distinguer deux types de sables : les uns essentiellement quartzeux comme ceux provenant des argiles des sections 13 et 6, ainsi que celui du n° 7 de Sarandi del Yi. Les six autres sont à zircon avec ou sans tourmaline. Les minéraux accessoires sont peu nombreux, sauf dans le n° 13 où l'on rencontre la staurotide, la fluorine, l'apatite et la sillimanite.

Les minéraux lourds, zircon et tourmaline, se présentent en cristaux dont les arêtes sont émoussées, tandis que le quartz forme des fragments anguleux. L'étude microscopique indique encore que la granulométrie des sables est assez régulière. Sept d'entre eux sont essentiellement formés d'éléments de taille moyenne (0,06 mm); cependant, le sable de l'échantillon n° 1 est très fin (0,02 mm), tandis que celui du n° 2 est grossier (0,1 mm).

Les éléments détritiques d'un même gisement présentent donc des différences, soit de taille comme à Blanquillos, soit de composition comme à Sarandi del Yi, ce qui traduit des perturbations locales au cours du dépôt.

En résumé, les argiles du Dévonien inférieur de la région de Durazno sont caractérisées par une grande uniformité de leurs constituants phylliteux : la kaolinite.

La nature des éléments détritiques associés à l'argile, quartz, zircon et tourmaline, révèle que cette formation provient essentiellement de la

destruction de roches éruptives acides; la participation de roches métamorphiques ne peut être soupçonnée que dans le gîte de Blanquillos (n° 3).

Les roches-mères de ces argiles ont subi une altération chimique et mécanique. La première a affecté les feldspaths qui ont donné naissance à la kaolinite, tandis que, seule, la seconde s'est exercée sur le quartz et les minéraux lourds. Le quartz peu résistant a probablement été brisé et il se présente en fragments anguleux, tandis que les seconds ont conservé leurs formes cristallines initiales en subissant une modification de leurs arêtes.

Si l'agent principal de l'altération mécanique paraît bien avoir été le milieu marin, il est plus difficile de lui attribuer la formation de l'argile kaolinique (³). Il semble plus probable d'admettre que les poches d'argile du Dévonien inférieur de l'Uruguay se sont formées postérieurement au dépôt, par l'altération *in situ* des feldspaths. Cette décomposition a sans doute été possible par l'existence d'une nappe d'eau maintenue dans les pores du grès, grâce à la présence au toit de celui-ci, d'une puissante couche de nature argileuse.

GÉOLOGIE. — *Utilisation possible des Polypiers pour la stratigraphie du Malm jurassien.* Note de M. **Marcel Pelletier**, transmise par M. Charles Jacob.

Des recherches récentes ont montré que les Polypiers, correctement déterminés, pouvaient être utilisés comme indices de zone dans le Malm jurassien. La découverte de quelques Ammonites fait prévoir une synchronisation avec l'échelle classique.

Depuis les recherches de l'Abbé Bourgeat sur les formations coralligènes du Jura méridional, on sait que les faciès à Polypiers et les formations oolithiques associées paraissent se déplacer régulièrement du Nord-Ouest au Sud-Est, à mesure qu'on s'élève dans le Jurassique supérieur. C'est ainsi que les récifs atteignent leur apogée au sommet de l'Argovien et au Rauracien dans le Jura franc-comtois, au Séquanien supérieur-Kimmeridgien inférieur à Valfin, au Kimmeridgien supérieur dans le département de l'Ain, au Portlandien inférieur au Salève et, enfin, au Portlandien supérieur dans la région de l'Échaillon. Mais l'Abbé Bourgeat s'est occupé uniquement des faciès coralligènes et s'est contenté de donner en vrac une liste des espèces de Polypiers provenant des diverses lentilles oolithiques de la région de Valfin. Il était permis de penser, à la suite de ses

(³) G. Millot, *Relation entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses* (*Thèse*, Nancy, 1949, p. 332).

travaux, que l'on pouvait trouver les mêmes espèces à tous les niveaux; de là, vient, sans aucun doute, le discrédit porté par les géologues sur la valeur stratigraphique de ce groupe d'Invertébrés.

Nos recherches, conformément aux vues de J. Alloiteau déduites de ses remarquables résultats sur les Zoanthaires du Crétacé, nous ont montré que les Polypiers, bien déterminés, étaient d'excellents fossiles de zone. Nous avons déjà pu établir une échelle stratigraphique pour le Bajocien (1) et le Bathonien. Il en est de même maintenant pour le Jurassique supérieur, où les lentilles récifales superposées, dans une même localité, renferment des espèces différentes, utilisables localement comme indices de zone. De plus, dans les divers gisements jurassiens qui s'échelonnent dans le temps et dans l'espace, les espèces sont également différentes et, étant donné leur grande répartition, j'ai tenté d'établir une première échelle stratigraphique générale fondée sur les Polypiers.

Parmi les espèces caractéristiques, nous retiendrons, dès maintenant :

1° dans le Rauracien (terrain à chailles) : *Stylina girodi* Et., *St. tubulifera* Phill., *Comoseris irradians* M. E. et J. H., *Dermosmilia divergens* Koby, *Thecosmilia annularis* M. E. et J. H., *Clausastræa parva* M. E et J. H., etc.;

2° dans le Séquanien : *Convexastrea minima* Et., *Stylina tenax* Et., *St. stellata* Et., *Complexastrea rustica* Defr., *Montlivaultia alsatica* de Fr. et Ferry, *Thecosmilia magna* Thurm., etc.;

3° dans le Ptérocérien : *Phytogyra magnifica* d'Orb., *Thecosmilia maxima* Koby, *Diplocœnia cæspitosa* Et., *Dipl. lobata* Et., *Stylina valfinensis* Et., *St. excelsa* Et., *Microphyllia contejani* Et., *Calamophyllia étaloni* Koby, etc.;

4° dans le Virgulien : *Latomeandra plicata* Goldf.. *Microphyllia sœmmeringii* Goldf., *Actinaræa granulata* Münst., *Ovalastrea caryophylloides* Goldf., *Stylosmilia suevica* Beck., etc.

Ainsi, beaucoup d'espèces de Polypiers ont une évolution rapide au cours du Jurassique supérieur et peuvent servir à caractériser des niveaux définis du Malm. Toutefois, de nouvelles études paléontologiques s'imposent, car les déterminations basées uniquement sur les caractères morphologiques s'avèrent insuffisantes; seuls, les caractères tirés de la microstructure fournissent des critères sûrs (2).

Enfin, il paraît possible de synchroniser l'échelle stratigraphique des Polypiers avec l'échelle classique des Ammonites, car on en a découvert quelques-unes, d'une part dans les calcaires oolithiques associés aux récifs, d'autre part dans les couches marno-calcaires qui encadrent les lentilles récifales. C'est ainsi que, dans le Jura franc-comtois, les faciès coralligènes appartiennent aux zones à *Peltoceras transversarium* (Argovien)

---

(1) *Bull. Soc. géol. France*, 6e série, 1, 1951, p. 221-232, pl. VII.

(2) Dans la liste ci-dessus, seuls ont été mentionnés des génotypes dont la détermination est certaine.

et à *P. bimammatum* (Rauracien). Dans la région de Saint-Claude, on trouve des *Perisphinctes* du gr. *lothari* dans les calcaires oolithiques associés aux récifs, ce qui indiquerait que le maximum de développement de ces derniers se situerait au Séquanien supérieur et au Kimméridgien inférieur. Dans la région de Saint-Germain de Joux, deux masses récifales principales sont séparées par des calcaires marneux renfermant des *Perisphinctes* de la zone à *Streblites tenuilobatus*. Enfin, à l'Échantillon, les Ammonites récoltées dans les calcaires oolithiques sont du Portlandien supérieur.

GÉOLOGIE. — *Le soulèvement du Djebel Mansourah (département de Constantine).* Note de M. **André Caire**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le Djebel Mansourah est un important chaînon des Monts du Hodna *s. l.*, qui s'allonge d'Ouest en Est entre le méridien des Portes de Fer et la route de Bordj-bou-Arréridj, à Msila. Il est constitué en majeure partie de Burdigalien [1] discordant sur une série crétacée monoclinale à plongement Sud. Le Burdigalien, formé d'une alternance de marnes et de puissants bancs gréseux, est ployé en un large bombement compliqué de flexures et de failles. Certains de ces accidents s'ordonnent dans une direction approximativement E-W, d'autres sont franchement obliques à l'axe du bombement et témoignent de structures anciennes. Cependant, ces accidents ne rompent pas l'unité de structure du massif.

Celui-ci est recouvert sur une grande partie de sa bordure septentrionale par les nappes de glissement de la zone sub-bibanique [2]. Près de Mansourah-les-Biban, le contact du Miocène autochtone avec les unités de recouvrement se fait par faille verticale. J'ai admis [3] que l'évolution tectonique du Djebel Mansourah était comparable à celle du bombement Dj. Choukchot-Forêt de Batite : peut-être ébauché lors du glissement des unités de recouvrement inférieures A et B [2], le soulèvement des deux massifs ne s'est achevé qu'après la mise en place de ces unités, ces dernières ayant d'ailleurs pu se remettre en marche sous l'effet des déformations de l'autochtone [4].

Il faut rappeler qu'après leur décollement, les nappes de glissement

(1) L. Glangeaud, A. Aymé, A. Caire, M. Mattauer et P. Muraour, XIXe *Congrès géologique international*, *Mon. rég.*, 1re série, n° 25, 1952, p. 96.

(2) A. Caire, *Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), 1, 1951, p. 721.

(3) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie : « Travaux récents des collaborateurs »*, fasc. III, 1952, p. 17.

(4) Les unités A et B se résolvent elles-mêmes en de multiples écailles qui seront décrites dans : Les unités tectoniques de la zone sub-bibanique, *Soc. Hist. Nat. Doubs*, 56, 1952.

s'étaient empilées dans la partie méridionale de la zone sub-bibanique et s'étaient étalées plus ou moins loin vers le Sud. Lors du glissement de l'unité C (Medjanien) dont les lambeaux sont actuellement cantonnés dans la zone sub-bibanique, la partie Nord occidentale des Monts du Hodna devait jouer le rôle de seuil tectonique. Des masses de sédiments plastiques ont pu déborder le seuil et progresser sur leur avant-pays, recouvrant un talus dont la topographie de détail reste à préciser, mais qui, dans son ensemble, s'inclinait vers le Hodna. Par la suite, le seuil s'est accentué; les divers chaînons occidentaux des Monts du Hodna se sont progressivement soulevés; leur couverture allochtone a glissé dans les dépressions tectoniques et l'on observe actuellement, entre certains de ces chaînons, des klippes qui doivent être rattachées aux nappes de glissement de la zone sub-bibanique.

Les beaux travaux des géologues de la S.N.R.E.P.A.L. ont permis de découvrir une nouvelle unité de recouvrement affleurant entre le barrage de l'Oued Ksob et Msila (5). Il est permis d'admettre, avec les auteurs de la découverte, que cette unité est un lambeau des nappes de glissement sud-telliennes. Vient-elle de la région des Monts du Hodna ou de la zone sub-bibanique ? Il est encore difficile de répondre. Mais il faut noter que ces nappes descendent, au Sud-Est de Si-Aïssa, jusqu'à la latitude du barrage de l'Oued Ksob. On peut donc considérer la partie occidentale des Monts du Hodna comme une demi-fenêtre. Le soulèvement du Djebel Mansourah et des Monts du Hodna est en partie contemporain de la mise en place des nappes sud-telliennes, mais il a certainement pris fin après la phase de glissement généralisé qui caractérise la partie méridionale du Tell, au Nord du Hodna.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques points de la stratigraphie et de la structure de l'Anthracolithique dans la zone maritime du Nord Vietnam.* Note de M. **Edmond Saurin**, transmise par M. Charles Jacob.

Si l'on excepte la mention de calcaires ouraliens à *Pseudostaffela quadrata* découverts par E. Patte aux abords de la Cat-Ba (1), aucun repère paléontologique précis n'a jusqu'ici été signalé dans les îles calcaires des baies d'Along et de Faï-Si-Long et dans les collines analogues situées sur le rivage. La présence de Fusulines y a bien été citée (2), mais celles-ci n'ont jamais été déterminées ni localisées. Mes recherches actuelles apportent quelques précisions à ce sujet.

---

(5) S. N. Repal, XIXe *Congrès géologique international. Livret guide des excursions* A 14 et C 13, 1952, p. 25-27 et 33.

(1) E. Patte, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 16, I, Hanoï, 1927.

(2) J. Deprat, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 638; F. Blondel, *Bull. du Bureau d'Études Géol. et Min. coloniales*, Paris, 1933, p. 108.

Dans le groupe des Iles Norway, celle qui porte le phare est formée de calcaires à Polypiers et de calcaires à *Millerella* sp., *Pseudostaffela* sp., *Nankinella* sp. Le premier de ces genres de Fusulinidés, non encore signalé en Indochine, se trouve du Moscovien supérieur à l'Ouralien supérieur; le dernier a une grande extension (de l'Ouralien inférieur au Permien moyen); mais le second paraît cantonné dans l'Ouralien moyen, à quoi peuvent donc se rapporter les calcaires précités.

A 4 km à l'Ouest des Mines de Campha, la colline calcaire, située à la bordure Nord de la route n° 18 et dernier témoin oriental de la masse du Déo But, montre des bancs qui, plongeant vers le Nord, s'enfoncent sous le Mésozoïque à charbon. Les bancs inférieurs contiennent : *Schuchertella Giraudi*, *S. minima*, *Triticites parvulus*, *T. minimus*, *Rugofusulina prisca*, *Pseudofusulina alpina*, *Schwagerina tschernyschewi*, *Pseudoschwagerina* (*Zellia*) *herritschi*. Il s'agit donc du niveau à *Zellia*, placé dans le Permien nférieur. Au-dessus, les Pseudoschwagerines disparaissent et l'on trouve *S. tchernyschewi*, *Triticites truncatus*. Les bancs terminaux enfin, au contact des conglomérats noriens renferment *Quasifusulina longissima* var. *compacta*.

Le rocher de Hongay est formé de calcaires contenant, avec des Gastropodes, Brachiopodes et Bryozoaires, des Foraminifères appartenant aux genres *Glomospira*, *Padangia*, *Geinitzina*. Mais un banc assez réduit, charbonneux, à Fusulinidés, s'intercale vers la base de cette masse et contient presque exclusivement *Staffela inflata*, caractéristique du Permien moyen et supérieur.

L'existence de dépôts « gréseux » permiens à *Productus graciosus*, entre les calcaires anthracolithiques et les terrains à charbon, a été signalée à Hongay, dès 1917 par J. Deprat (³). Les fossiles en provenant ont été décrits par Mlle Colani (⁴) qui, sans plus de précision, concluait, à leur âge « ouralopermien ». En fait, ces « grès » ne sont qu'un faciès de décomposition de phtanites, couches siliceuses, supérieures aux calcaires de la Baie d'Along, qui surmontent, à Hongay même, le Permien calcaire à *Staffela inflata* et appartiennent au Permien supérieur. Elles sont bien développées à Hongay et dans l'Ile aux Buissons. Sur tout le littoral Sud de cette dernière, on observe en effet, des phtanites fins, gris clairs, parfois altérés et prenant alors le faciès gréseux. Formés de grains très fins de silice, de silice amorphe et de matière charbonneuse, ils sont parfois entièrement constitués de spicules d'Éponges et contiennent, en outre, des restes de Bryozoaires, d'Oursins, de Crinoïdes et de rares Gastropodes (*Trochonema* sp.).

---

(3) J. Deprat, *loc. cit.*

(4) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 6, V, Hanoï, 1919.

A l'Est de la baie de Port Courbet, à Hongay, ces phtanites, les couches décomposées fossilifères mentionnées par Deprat, se suivent au pied du rocher de Hongay et sur le mamelon de l'hôpital; ils y contiennent des Foraminifères (*Nodosinella* sp.), puis disparaissent peu à l'Est sous les grès à charbon. On les retrouve près de Campha Mines à l'état de débris entre calcaires du Permien inférieur et conglomérats triasiques et également à l'état de fragments emballés dans la brèche calcaire visible à ce contact. Ces phtanites, généralement lités en petits bancs, mais hachés de cassures et de plans de schistosité subverticaux sont dirigés Nord-Est, ils plongent vers le Nord-Ouest. Ils sont donc concordants avec les calcaires anthracolithiques qu'ils surmontent et dont témoigne à leur abord le rocher de Hongay. Mais ils sont toutefois moins inclinés que les bancs calcaires et leurs nombreuses cassures montrent qu'ils se sont comportés d'une façon plus rigide lors des mouvements qui ont plissé l'ensemble. Ces mouvements ont amené à la colline du kilomètre 4 de Campha, la déformation de brèches calcaires tectoniques avec débris de phtanites et l'affaissement probable, par faille, du niveau à *Staffela inflata*, qui, là, n'affleure pas. Ces phtanites sont surmontés en discordance par les grès et conglomérats du Norien.

Dans l'Ile aux Buissons, on peut observer, notamment sous la grande caserne qui domine Va Chaï, que ce contact se fait là par l'intermédiaire d'une couche de minerai de fer, intercalée entre phtanites à tiges de Crinoïdes et conglomérats triasiques. Ce fer, oligiste et limonite, tenant de 34 à 80 % de Fe_2O_3, contient aussi de 6 à 12 % d'alumine, c'est donc un fer bauxitique témoignant d'une surface d'émersion. Et l'on relève ainsi l'analogie stratigraphique avec la région de Langson où des phtanites permiens à Foraminifères et spicules d'Éponges surmontent des calcaires du Permien inférieur ([5]) et où les bauxites représentent un équivalent du fer de l'Ile aux Buissons.

On peut en déduire la constance du niveau siliceux terminal du Permien dans l'Est du Tonkin ainsi que la généralité d'une émersion post-permienne ayant suivi des mouvements post-permiens et anté-noriens, mouvements qui, par endroits, ont pu rejouer au Norien.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Dépôt actuel de varves lacustres en Normandie.*

Note de M. **André Journaux**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'Électricité de France a procédé cette année à la vérification de deux barrages situés sur la Sélune, à la Roche-qui-Boit et à Vézins (10 km au

([5]) E. Saurin, *C. R. Somm. Soc. Géol.*, Paris, 1949.

Sud-Est d'Avranches). Ces deux réservoirs mis en eau en 1920 et 1932 ont été vidés pour la première fois en 1952, ce qui nous a permis d'y étudier la sédimentation.

La Sélune a un bassin-versant de 725 km², établi principalement dans les Phyllades de Saint-Lô (Briovérien), métamorphisées ou non, et dans le granite. Le débit moyen naturel a été de 11 m³ sec pour la période 1920-1942 (¹). Le réservoir de Vézins, le plus important, a 14 km de long, une capacité totale de 19 millions de mètres cubes, et une hauteur d'eau maximum de 31 m. C'est dans les environs du barrage qu'il nous a été donné d'observer de très belles varves dans la vase déposée sur les versants ayant une pente de 40°, et sur le fond. L'épaisseur de la couche de vase varie de 1 à 30 cm suivant la pente et la topographie antérieure au remplissage, le maximum étant atteint dans les anciens chemins creux et à l'abri de contre-pentes. L'épaisseur de la vase est facile à mesurer, car elle repose sur le tapis végétal de 1932 non encore disparu ou sur des dalles de pierre.

La stratification est, généralement, la suivante : deux échantillons prélevés près du lit de la rivière à 50 m du barrage ont montré chacun 20 varves, correspondant aux 20 années, d'une épaisseur totale de 68,4 et 82,5 mm. Les varves sont donc annuelles. Chacune d'elles est composée d'un lit clair et d'un lit foncé, ce dernier montrant à la base une concentration en fer importante. Les sédiments des lits clairs sont formés d'éléments organiques et minéraux un peu plus grossiers que les fines argiles humifères et ferruginisées des lits foncés. L'analyse chimique est en cours.

En portant sur un graphique en abscisse le temps, et en ordonnée l'épaisseur de chaque lit, les courbes obtenues montrent une série en dents de scie parfaitement concordantes entre plusieurs échantillons. Nous avons voulu comparer ces variations avec celles des pluies dans la région, grâce aux relevés opérés chaque jour au barrage depuis sa construction (²). Nous avons porté en ordonnée le total des pluies de chaque année (du 1ᵉʳ mars à la fin de février, afin de comprendre en entier la saison pluvieuse), et l'épaisseur totale de chaque varve : les variations des deux courbes sont rigoureusement parallèles pour l'échantillon le mieux situé (dans l'axe de la vallée, sur un replat horizontal, à l'abri de toute perturbation dans la sédimentation).

La formation des varves est assez localisée. En remontant les pentes,

---

(¹) D'après l'*Atlas hydroélectrique de France*, édit. Chambre Syndicale des Forces hydrauliques, Paris.

(²) D'après les relevés faits au barrage de Vézins par la Société des Forces Motrices de la Sélune, puis l'E. D. F.

elles disparaissent rapidement vers la cote — 12 m (par rapport au niveau moyen du réservoir), et elles font place à une vase homogène contenant de nombreux débris végétaux. Il semble donc qu'une profondeur de 12 m au moins soit nécessaire pour faire apparaître la stratification varvée.

En remontant le cours de la Sélune, près des ponts des Biards, ce minimum est à peine atteint dans l'axe de la vallée : aussi n'y a-t-il aucune varve sur les versants, et seulement un début de stratification sur le fond recouvert par 30 cm de vase noirâtre, où se distinguent quelques nodules ferrugineux en voie de formation.

Quant au second réservoir, le plus ancien, celui de la Roche-qui-Boit, la hauteur d'eau n'atteint que 11 m au maximum : il n'y a aucune varve.

En conclusion, la formation actuelle en Normandie de varves annuelles, qui ont pu être très exactement datées et mesurées, pose à nouveau le problème de leurs relations avec l'origine de certains sédiments. Après une étude sur les varves récentes du lac de Genève et les varves anciennes et tillites de Cobalt et de Squantum, Léon W. Collet affirmait : « La présence de varves indiscutables peut grandement faciliter la solution du problème de l'origine glaciaire de certains conglomérats même en l'absence de cailloux striés et de bedrock cannelé ou strié ». Pour cet auteur, les varves actuelles ne pouvaient qu'être liées à des fleuves à régime glaciaire. Cependant, W. H. Bradley (4) a étudié des argiles laminées d'âge éocène dans le bassin du Wyoming, aux États-Unis; et des cas semblables ne sont pas rares dans les fossés de la Limagne (L. Dangeard), de la Bresse (J. Goguel), ou de l'Alsace (M. Gignoux et C. Hoffmann) : preuve que l'alternance des lits n'est pas liée à un climat particulier. Malgré tout, les varves lacustres régulières sont rapportées par les auteurs à une origine glaciaire. W. A. Johnston (5) précise que les sédiments fins doivent rester en suspension tout au long du printemps et de l'été avant de se déposer et que seules les différences de densité permettent la diffusion sur toute la surface du lac de l'eau du tributaire plus légère que l'eau du lac. Il en conclut que, généralement, seule la proximité d'un glacier favorise la réunion de ces conditions.

Or, on peut affirmer, d'une part, que de véritables varves peuvent se déposer actuellement, sans aucune liaison avec des glaciers ou des rivières à régime glaciaire. D'autre part, il s'agit bien de varves litées, litage direct, au sens de M. Bourcart (6), dû au mécanisme même de la sédimentation,

---

(3) *C. R. Congrès Int. de Géogr.*, Paris, 1931, p. 374-377.

(4) *U. S. Geol. Survey, Prof. Papers*, 158, 1929, p. 87-110.

(5) *Am. Journal Sci.*, 4, 1922, (5), p. 391.

(6) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1944, p. 75-77.

avec non pas interruption totale de celle-ci, mais influence des variations granulométriques, dont les différences de densité des eaux peuvent rendre compte en partie, et des pressions exercées sur des fonds supérieurs à 12 m.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Influence du sens des circulations aquifères sur le creusement des avens des Plans de Canjuers (Var).* Note (*) de M. **Philippe Renault**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Rôle primordial des crues et du relévement de la surface aquifère dans le creusement des avens de corrosion et d'érosion. Rôle de l'érosion remontante dans les avens d'érosion. Fonctionnement hydrologique du polje.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons distingué des avens d'érosion et des avens de corrosion sur les Plans de Canjuers (Var). Une observation nouvelle nous permet de compléter la théorie de Cvijic ([2]) sur l'importance des mouvements aquifères verticaux dans le sous-sol des poljes.

1° Dans les *avens de corrosion*, dus aux oscillations lentes de la surface aquifère, le creusement principal s'est effectué lors des fortes précipitations déterminant les crues souterraines. L'eau acide venue de la surface possède alors une agressivité importante. Au stade de décrue, l'eau saturée de bicarbonates dépose les résidus argileux de décalcification.

2° Dans les *avens d'érosion*, le creusement mécanique s'effectue également lors des crues. Nous avons noté au Grand Aven de Canjuers, à — 90 m et à — 250 m, des « vagues d'érosion » indiquant une *érosion remontante.* Cette dernière a effectué les principaux creusements mécaniques. L'érosion descendante se marque uniquement par quelques surcreusements et marmites de géant locales.

Le fonctionnement de certaines résurgences remontantes ([3]) avait déjà montré l'existence de ce mécanisme. Mais, jusqu'ici, on n'avait pu suivre par les marques de striage la marche remontante des eaux dans le sous-sol d'un polje.

Il s'agit là d'un processus difficile à concevoir pour qui a été nourri de la conception classique de l'aven évacuant sous terre le ruissellement aérien du bassin fermé. Il faut considérer le pouvoir absorbant de la bordure du polje de Canjuers. Latéralement, de belles dolines en baquet s'observent 200 et 400 m au-dessus du fond de la dépression. Les avens de corrosion connus s'échelonnent sur 50 m au-dessus de l'unique aven d'éro-

---

(*) Séance du 10 décembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1519.

([2]) *Trav. Inst. Géogr. Alpine* (Grenoble), 6, 1918, p. 376.

([3]) A. Bourgin, *Ann. Spéléo.*, 1, 1946, p. 31-42 et P. Ageron, *Bull. Com. Nat. Spéléo.*, 1, 1951, n° 4, p. 62-65.

sion. En outre, les premières galeries horizontales d'écoulement se rencontrent à la profondeur de 250 m. Il est facile de voir que, sur la bordure du plan, le ruissellement rapidement souterrain alimentera d'abord le réseau d'évacuation profond. La résurgence étant rapidement engorgée, l'eau viendra ressortir au point le plus bas du polje. L'importance des charges latérales explique la rapidité de l'eau impliquée par la vitesse d'écoulement nécessaire au striage. Dans les élargissements, l'écoulement sera moins rapide, mais les coups de béliers et oscillations en masse détermineront des effondrements. En surface, les eaux s'épancheront amenant la formation d'un lac temporaire. A la décrue, les charges étant plus faibles, l'érosion sera moins importante.

En développant cette théorie, on peut se demander si le creusement d'un polje exige une résurgence importante. A titre d'hypothèse, nous admettrons que sous-jacent au réseau de circulation en galerie, un réseau de fentes alimente les résurgences de bordure d'un débit plus faible que les possibilités d'absorption du polje. Ces résurgences se développeront si l'alimentation et la structure le permettent. En attendant, elles évacueront lentement les réserves accumulées lors des crues, le creusement principal s'effectuant sous le polje lors des mises en charge.

Cette théorie complique le schéma de la rivière souterraine tel qu'il a été défini par Martel. La rivière souterraine analogue à la rivière aérienne se rencontre dans les « percées hydrogéologiques » réunissant une perte alimentée par un cours allochtone et une résurgence. L'exsurgence (Fournier) constitue un type mixte où la rivière souterraine est alimentée par un réseau de fentes amont. L'hydrographie du polje est encore plus complexe. Sous le polje, à l'amont du réseau karstique, le réseau de fentes a été transformé en réseau d'écoulement fonctionnant *per ascensum* lors des crues. A l'aval du polje, le réseau fonctionne en exsurgence normale.

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *La stratification* $F_{1,5}$ *à Dakar et le mouvement du Soleil.* Note (*) de M. **François Delobeau**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours de la journée, la région F de l'ionosphère comporte normalement deux couches distinctes F_1 et F_2. La couche F_1 existe dès que le Soleil culmine à plus de 45°. Une stratification supplémentaire fait très souvent son apparition dans les régions subtropicales. Elle a été dénommée $F_{1,5}$ dans la nomenclature du Service de Prévision ionosphérique militaire, afin de conserver la terminologie des couches habituelles [1].

(*) Séance du 10 décembre 1952.

[1] F. Delobeau, E. Harnischmacher et F. Oboril, *Revue Scientifique*, n° 3305, 1950, p. 17.

La répartition de cette stratification dans le temps ne possède pas la régularité de celle de F_1. Ses heures de présence et son importance varient considérablement, d'une heure, d'un jour à l'autre au cours de l'année. Son existence entraîne un abaissement notable du degré d'ionisation maximum de la couche F_2 et même de celui de F_1.

Nous nous proposons de mettre en évidence pour Dakar, l'influence des périodicités diurne et saisonnière du Soleil sur sa loi de fréquence dans le temps.

Des difficultés surgissent dès que l'on veut établir cette loi, la séparation en altitude des trois couches étant très rarement complète. Il en résulte une impossibilité presque permanente de mesurer la fréquence critique, et la hauteur virtuelle minimum de $F_{1,5}$. Pendant le développement de cette couche, la région F s'épaissit donnant lieu à de très forts retards sur les enregistrements $h'(f)$ en sondages verticaux. $F_{1,5}$ a été considérée comme formée dès que ces enregistrements présentent un léger changement de concavité, toujours lié à un épaississement décelable de la trace, indice de parcours suffisamment différents pour les composantes ordinaire et extraordinaire.

Les graphiques sont établis pour la période comprise entre juillet 1949 et juillet 1952.

La figure 1 donne le nombre d'apparitions de $F_{1,5}$ pour chaque heure T. L. M. On a décompté séparément les mois d'été, d'hiver et d'équinoxes. Les diagrammes sont très sensiblement homothétiques avec un maximum à 12 h. La couche se maintient plus longtemps l'après-midi que le matin.

La figure 2 reproduit la variation annuelle. On a déterminé pour chaque mois le nombre de jours de présence de $F_{1,5}$, nombre qui, divisé par le nombre des jours du mois, fournit un rapport caractéristique (courbe A). On a tracé les courbes limites B et C, indiquant la marge maximum d'erreur possible du fait des pertes de mesures inévitables pendant les trois années. Leur écart mesure le rendement de la station de ce point de vue.

Aux environs du solstice d'été les apparitions sont quotidiennes. Elles sont minima au solstice d'hiver. La période est encore insuffisamment longue pour donner une idée de l'influence du cycle solaire, par l'introduction des moyennes glissantes qui paraissent suivre jusqu'ici la décroissance des nombres R. On note également une séparation en altitude de moins en moins accentuée. La variation de la hauteur méridienne à Dakar, est représentée conjointement. La courbe A semble reproduire avec un léger retard les deux maxima de cette hauteur méridienne de 15 mai et du 15 août.

Des aperçus du même ordre ont déjà été donnés pour Singapour (1949) [2]. L'évolution saisonnière du phénomène (thick layer) montre deux maxima en

(2) B. W. Osborne, *J. Astra. Terr. Phys.*, 12, n° 1, 1951, p. 70.

janvier et juillet, et deux minima peu après les équinoxes. Ce fait se reproduit en 1951. Singapour étant sensiblement sur l'équateur géographique il est normal d'obtenir une variation biannuelle. Celle-ci est toutefois en opposition

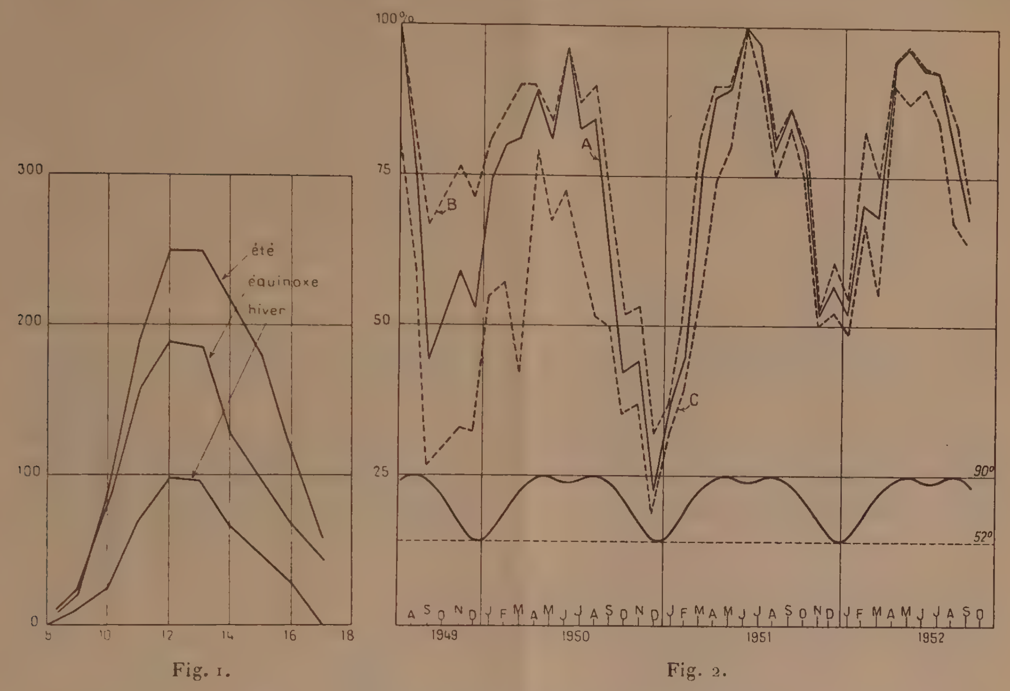


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Répartition horaire de $F_{1,5}$ (Heures TLM).
Fig. 2. — Présence mensuelle de la couche $F_{1,5}$ à Dakar.

de phase avec celle que l'on pouvait espérer par comparaison avec Dakar, où la fréquence des apparitions suit bien le mouvement du Soleil. Si l'existence de $F_{1,5}$ peut s'expliquer par d'importants mouvements d'ions au-dessus de la zone équatoriale ([3]), il apparaît que leur régime diffère selon les régions et qu'il y a lieu de faire intervenir les caractéristiques magnétiques. Des résultats semblables pour de nombreuses stations, permettraient de juger de l'effet de ces caractéristiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la microstructure et la précipitation artificielle d'un brouillard surfondu.* Note de M. **Henri Dessens**, présentée par M. Charles Maurain.

De rares aiguilles de glace se forment naturellement dans un brouillard urbain surfondu dont la température est de l'ordre de — 5° sans altérer sa stabilité. Par contre, la précipitation d'un tel brouillard a été obtenue sur 2 km² en dispersant 100 g d'iodure d'argent; description de la précipitation et données quantitatives sur l'expérience.

([3]) A. G. Mc Nish, *Proceedings of the Conference on Ionospheric Physics*, 2, State College, Pensylvanis, 1950.

L'expérience porte sur un brouillard d'inversion s'étendant sur la Limagne, du 9 au 10 décembre 1952, dans les conditions suivantes :

	le 9 (21 h).	le 10 (7 h).
Température, Puy de Dôme, altitude 1 465 m....	+ 1°	— 1°
Les Landais (Clermont), altitude 400 m.........	— 5°	— 7°
Humidité relative mesurée, Les Landais.........	0,95	0,98
Visibilité, Les Landais..........................	400 m	50 m
Niveau supérieur du stratus.....................	800 m	600 m

L'analyse du brouillard, en vision ultramicroscopique, révèle la présence constante de quelques rares particules glacées : aiguilles de glace (*fig.* 1 *a*) ou cristaux asymétriques (¹). Ces particules abandonnent, après sublimation, des résidus variés assez gros. Au-dessus du stratus (observations au Puy de Dôme par P. Roche), l'atmosphère est limpide, sans nuages; les cristaux se sont donc formés dans un brouillard dont la température ne s'abaisse guère au-dessous de — 5°. Ce fait est en contradiction avec plusieurs études de laboratoire et le mécanisme de ces congélations précoces est inconnu (²).

Le 10 décembre, au lever du jour, l'épaisseur du stratus est comprise entre 200 et 250 m. L'air est toujours très limpide au-dessus de lui (Mont Blanc visible du Puy de Dôme, à 300 km). Le vent au sol est nul, mais des fumées provenant de foyers situés vers 1000 m d'altitude sont entraînées vers l'Est-Sud-Est. Les observations et opérations suivantes ont été effectuées :

7 h 18-8 h 15 : station des Landais, dispersion de 100 g d'iodure d'argent par un générateur au sol, suivant la technique décrite par B. Vonnegut (³);

7 h 30 : apparition dans le brouillard de nombreux petits cristaux de glace aux environs de la station;

7 h 50 : début d'une précipitation dont la densité augmente rapidement; en 15 m le sol devient blanc;

8 h : le brouillard se dissipe, le Soleil apparaît par instants;

9 h : le brouillard se rétablit par le Nord-Ouest.

La précipitation est constituée par des cristaux d'apparence rectangulaire (*fig.* 1 *b*), de 0,08 mm de rayon moyen, à rapprocher des colonnes hexagonales (¹). Les associations entre cristaux ou cristaux et gouttelettes n'apparaissent pas.

Les limites de l'aire de précipitation (sol complètement recouvert) étant extrêmement nettes (discontinuité sur 10 à 25 m), la carte a pu en être établie avec précision grâce à l'aide de A. Roche et R. Soulage (*fig.* 3).

(¹) *Final Report, Project Cirrus*, 1948, p. 31.

(²) C. Lafargue, *C. R. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 3, 1952, p. 69.

(³) B. Vonnegut, *Final Report, Project Cirrus*, 1951, p. 36.

Les données suivantes ont été mesurées directement :
Aire de pleine précipitation, 2 km^2;
Volume du stratus au-dessus de cette aire, 0,5 km^2;
Nombre approximatif de particules précipitées, 100 par millimètre carré;
Rayon moyen des noyaux d'iodure (microscope électronique), 0,10 μ.
Ces données permettent les évaluations suivantes :
Hauteur moyenne d'eau précipitée, 0,2 mm;
Poids total d'eau précipitée, 400 t;
Poids d'eau précipitée par mètre cube de nuage supposé immobile, 1 g;
Nombre de noyaux d'iodure pour 100 g de produit, 10^{15} à 10^{16};
Nombre total de cristaux précipités, 2.10^{14}.

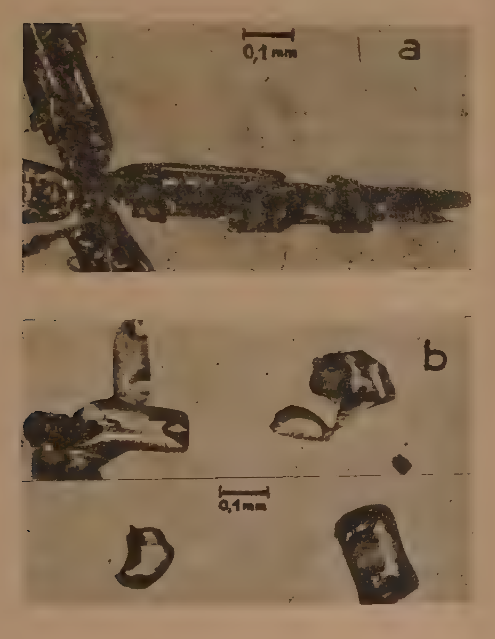



Fig. 1.



Fig. 2.

L'évaluation du nombre des noyaux d'iodure est la plus incertaine, la mesure des dimensions n'ayant pas été effectuée au moment de l'expérience. Les limites indiquées étant douteuses, il n'est pas impossible que tous les noyaux émis aient participé à la formation des cristaux. Comme le brouillard semblait continu au delà des frontières de l'aire de précipitation, nous pensons que ces frontières constituent la limite d'action des noyaux; les petites dimensions de cette aire s'expliquent par le fait que l'émission a eu lieu dans le sein même du nuage. Enfin, les effets prévus d'une surinsémination (4) n'ont pas été observés.

---

(4) *Tellus*, **1**, n° **1**, 1949, p. 1.

L'ensemble de ces contrôles ne laisse aucun doute sur la cause du phénomène : les noyaux d'iodure ont réagi comme dans nos cuves à nuages; le processus de Bergeron (⁴) (transfert de l'eau des gouttelettes surfondues aux cristaux formés sur les noyaux par l'intermédiaire de la vapeur) semble avoir joué un rôle essentiel.

Bien que les techniques d'insémination des nuages soient encore au stade expérimental, nous estimons qu'il serait déjà possible de dissiper sur une aire réduite (aérodrome) tout brouillard dense par vent faible et température inférieure à — 5°.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence d'une nouvelle espèce d'Hyracoïde dans le Pliocène de Montpellier.* Note de MM. **Jean Viret** et **Erich Thenius**, transmise par M. Charles Jacob.

L'ordre des Hyracoïdes, d'origine africaine, aujourd'hui encore essentiellement limité à ce continent, a envahi l'Eurasie au Pontien. Deux découvertes de documents fossiles, bien que fragmentaires, prouvent que le genre *Pliohyrax* a vécu en France du Pontien au Pliocène.

L'un de nous (J. V.) a eu l'occasion de signaler ici même [1] la rencontre inattendue d'un représentant de l'ordre des Hyracoïdes, *Pliohyrax rossignoli*, dans le gisement de lignites de Soblay (Ain), ce qui accentuait le « cachet africain » de cette faune pontienne. En même temps, il soulignait les ressemblances dentaires entre ce *Pliohyrax* et une forme du Quaternaire ancien de Chine, précédemment classée parmi les Ancylopodes, *Postschizotherium*. Dans sa conclusion, il supposait que les Hyracoïdes venus d'Afrique au Pontien, avaient gagné l'Asie mineure, d'où ils avaient « poussé des incursions, probablement assez brèves, non pas seulement en Grèce, mais jusqu'aux extrémités occidentales du continent eurasiatique ».

Un document nouveau (*figure* ci-contre) nous oblige à rectifier et à compléter la phrase précédente.

En effet, de passage à l'Université de Lyon, M. E. Thenius, examinant attentivement un tiroir d'échantillons des Sables de Montpellier, y a trouvé une dent qu'il n'eut pas de peine à reconnaître pour une arrière-molaire supérieure de *Pliohyrax*.

L'authenticité de cette pièce n'est pas douteuse, avec une étiquette de la main de Gennevaux. La patine de l'émail est conforme à celle des dents de Rhinocéros du même gisement. L'étiquette portant la mention *Paleotherium?* exprime la surprise de Gennevaux de rencontrer dans un gisement pliocène une telle dent. Cet amateur a été trompé par la convergence entre deux structures de molaires de « pachydermes ». La forme de la muraille externe avec ses paracône et métacône en V, ses plis para et mésostylaires aigus, peut prêter à confusion. La convergence est également frappante avec les molaires de certains

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 353.

Ancylopodes, comme *Phyllotillon*. Toutefois nulle part le contraste n'est aussi marqué que chez l'Hyracoïde entre le bord interne brachyodonte, avec ses deux tubercules coniques, petits et grêles, et le bord externe dont l'hypsodontie est si poussée que la muraille s'incurve fortement en arc de cercle. Bien que la base de la dent de la collection Gennevaux ne soit pas entièrement conservée, on note l'absence des petites racines connues chez les formes pontiennes, la cavité pulpaire largement ouverte.

La dent du *Pliohyrax* de Montpellier est fraîche, modérément usée, un peu moins que la dent de Chine attribuée à un Chalicothéridé (²). Chez ce dernier, l'usure de la couronne est assez profonde pour atteindre des crêtes de liaison




Pliohyrax occidentalis n. sp. — Arrière-molaire supérieure gauche, vue de profil par la face antérieure et vue par la face occlusale. Sables de Montpellier. Coll. Univ. Lyon 3156. Gr. nat. × 2/3.

(L'émail en blanc, le cément en grisé, l'ivoire en quadrillé; en noir, la fossette centrale de la dent.)

entre les croissants externes et les denticules internes. Aussi bien ces crêtes paraissent se développer seulement dans les fins de rameaux. Du point de vue de l'évolution dentaire, la molaire de Montpellier se situe assez exactement entre les formes pontiennes et celle du Villefranchien.

Sa longueur maximum, mesurée près de la base, atteint 48 mm; sa largeur entre le protocône et l'arête mésostylaire est 30,5. Nous notons que la taille est un peu inférieure à celle du *P. græcus*, aux caractères dentaires cependant plus archaïques. Les fossettes entre les tubercules sont comblées par du cément, toutefois ce dernier n'était pas développé de façon massive sur la face interne de la dent comme sur la forme du Nihowan. L'hypsodontie du bord externe était bien plus poussée que chez *P. rossignoli*, mais un peu moins que chez l'espèce de Chine.

Bien que notre documentation se réduise à une molaire unique (la plus expressive de toutes il est vrai), nous pouvons affirmer :

1° Qu'un *Pliohyrax* a vécu en France méridionale au Pliocène vrai;

2° Que cette espèce peut être distinguée de celles déjà connues, c'est pourquoi nous proposons pour elle le nom de *Pliohyrax occidentalis* n. sp.;

3° Qu'elle dérive problablement de l'évolution sur place des formes arrivées au Pontien;

4° Qu'à en juger par ses caractères dentaires, elle semble apparentée aux *Pliohyrax* qui se sont perpétués en Chine jusqu'au début du Quaternaire.

(²) P. Teilhard et J. Piveteau, *Ann. Paléont.*, 19, 1930, p. 23, *fig.* 9.

Ainsi les *Pliohyrax* avaient parfaitement réussi à s'acclimater en Europe. A quel moment ont-ils disparu? Vu la rareté considérable de ces animaux, il est pour le moment difficile de se prononcer.

PRÉHISTOIRE. — *Découverte d'Industries du groupe de la « Pebble Culture » sur le reg ancien des plaines du Dra (Sud marocain).* Note de MM. **Georges Mortelmans**, **Georges Choubert** et **Henri Hollard**, présentée par M. Paul Fallot.

Au cours de l'excursion A 36 du XIX[e] Congrès géologique international dans l'Anti-Atlas occidental, un certain nombre de sites préhistoriques, dont les industries s'échelonnent de l'Acheuléen au Néolithique, ont été reconnus tant sur la côte qu'à l'intérieur du pays. De telles découvertes, si elles apportent une confirmation de l'importance du Maroc au point de vue préhistorique, rentrent cependant dans le cadre des faits connus jusqu'ici.

Plus importante est la découverte faite sur le « reg ancien » (1) du réseau hydrographique du Dra, d'industries rentrant dans le groupe de la « Pebble Culture » pré-abbevillienne. En effet, si l'on excepte quelques galets taillés, fortement roulés, recueillis par l'Abbé H. Breuil dans les graviers de la plage sicilienne de la carrière de Sidi Abderrahmane près de Casablanca (2), ces industries, si bien représentées en Afrique Centre-Orientale et Australe, étaient encore inconnues au Maroc. Le lieu de la découverte se place à quelques 30 km à l'Est de Foum el Hassane (piste d'Akka). Là s'étale un beau plateau de reg ancien, couvert de galets roulés. Au milieu de ceux-ci se rencontrent des restes nombreux d'industries préhistoriques que des différences d'usure, de patines, de techniques, permettent de diviser en plusieurs séries d'âge différent :

Série A. — Comporte des pièces plus ou moins usées, lustrées et éolisées, à forte patine brune vernissée. Elle comprend 24 pièces se répartissant de la façon suivante : 2 galets allongés, dont une extrémité a été abattue par une ou deux tailles remontantes; 8 galets subcirculaires épais, dont un bord a été transformé en arête tranchante par une série de tailles alternes; 1 galet à taille analogue, mais de forme irrégulière; 4 galets à tailles variables, n'ayant pas donné d'instruments de type défini; 1 fragment de galet taillé; 8 éclats protoclactoniens assez volumineux, à retaille élémentaire; certains sont des galets fendus en long.

---

(1) Dans le Dra supérieur et la région d'Ouarzazate le « reg ancien » n'a fourni jusqu'à ce jour que des industries abbevilliennes classiques (découvertes par M. Antoine et décrites par A. Ruhlman) : G. Choubert, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 911.

(2) H. Breuil, *S. Afr. I. Sc.*, **44**, 1948, p. 61-74.

Par ses galets taillés, cette industrie est fort analogue à celle que l'un de nous a fait connaître du Katanga, sous le nom de *Kafilien* (3); par ses éclats, elle s'apparente, d'autre part, à l'*industrie pré-abbevillienne à prédominance d'éclats* de la terrasse de 100 pieds du Vaal de Vereeniging (Transvaal) (4). On peut y voir une *expression évoluée du groupe de la Pebble Culture*, jouant ici le rôle de l'*Oldowayen* en Afrique Orientale.

Série B. — Comporte 15 pièces faiblement usées, à patine moins forte et moins colorée. Ce matériel comprend : 1 galet à arête longitudinale abattue par des tailles alternes (technique oldowayenne); 2 galets taillés de la série A fendus en long; 1 secteur épais de galet, à arête tranchante, retaillée (pièces analogues dans le Kafilien); 1 proto-coup de poing de forme assez régulière dont un bord latéral a subi une taille alterne de technique abbevillienne; 1 proto-coup de poing très élémentaire, de forme trièdre; 2 éclats épais, en dièdres tranchants à retaille élémentaire; 1 gros éclat provenant d'un nucleus; 5 éclats provenant de galets, de technique proto-clactonienne; 1 fragment sans grande signification.

Cette série réunit des pièces dont les unes trouvent leurs homologues exacts dans les industries pré-abbevilliennes à galets taillés ou à éclats, citées plus haut, tandis que d'autres, tels les proto-coups de poing et les éclats provenant de nuclei, évoquent davantage un *Abbevillien très primitif*. Cette association de caractères fait penser à une industrie *transitionnelle entre la Pebble Culture et les cultures abbevilliennes à coup de poing*; il faudra de nouvelles récoltes pour préciser ce point.

Série C. — Comporte des pièces à peine usées, à patine faible. Elle consiste en coups de poing réguliers, nuclei et éclats de technique levalloisienne. Par ses caractères, elle paraît l'homologue du Stellenbosch IV ou Proto-Levallois II (Victoria West II) d'Afrique sud-saharienne (= Acheuléen évolué africain).

Série D. — Représentée surtout dans nos récoltes par des reprises et des retailles de pièces anciennes : ces reprises sont fraîches et sans patine.

Conclusions. — Les récoltes qui viennent d'être sommairement décrites peuvent se diviser en deux groupes, l'un dont les éléments ne sont pas roulés (séries C et D), l'autre à usure fluviatile (séries A et B). Seul, ce dernier groupe est contemporain de la formation des nappes de galets du reg ancien et apporte donc un élément pour dater celui-ci.

En Afrique sud-saharienne, les cultures oldowayenne et abbevillienne sont associées aux couches de base du deuxième pluvial ou pluvial kama-

(3) G. Mortelmans, *Session extraord. des Soc. Belges de Géol.*, Bruxelles, 1946, p. 215-244; IIe *Congrès Pan-Afr. de Préhistoire*, Alger, 1952 (sous presse).

(4) H. Breuil et C. van Riet Lowe, *Un. S. Afr. Arch. S.*, no 6, 1948, p. 1-35.

sien ([5]). Au Maroc, par contre, les regs anciens sont parallélisés avec les terrasses de + 55-60 et correspondraient donc au premier interpluvial. Cela inciterait à vieillir quelque peu nos industries par rapport à l'Afrique sud-saharienne ou, si l'on admet la contemporanéité approchée de celles-ci à travers l'Afrique, montrer la transgressivité de l'interpluvial à travers le temps, de l'Équateur au Maroc.

Ces problèmes, actuellement insolubles, montrent tout l'intérêt d'une étude poussée du Quaternaire saharien, où les données préhistoriques viennent compléter, d'une façon particulièrement heureuse, celles de la géologie.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la pérennité des propriétés tumorales des tissus de Crown-Gall et des tissus ayant subi le phénomène d'accoutumance aux auxines.* Note de MM. **Claude Lance** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

Des cultures de tissus de Crown-Gall de Tabac et des cultures de tissus normaux ayant subi le phénomène d'accoutumance aux auxines produisent des tumeurs, si on les greffe sur des plantes saines. Si l'on réalise des greffages successifs d'un même fragment de tissu tumoral sur plusieurs plantes afin de le maintenir longtemps au contact d'un tissu normal, on constate que son pouvoir de former des tumeurs ne s'atténue pas.

Le caractère tumoral d'un tissu est mis en évidence par le fait qu'il produit une tumeur si on le greffe sur un organisme sain. C'est en appliquant ce critère que Braun et White ([1]) ont établi que les tissus de Crown-Gall conservent leurs propriétés tumorales même après l'élimination de la Bactérie spécifique qu'ils renferment initialement.

L'un de nous, avec la collaboration de M. P. Limasset, démontra de la même façon que les tissus de Tabac ayant subi le phénomène d'accoutumance aux auxines fournissent par greffage des tumeurs analogues à celles qu'on obtient en greffant des tissus de Crown-Gall ([2]).

Les propriétés tumorales de ces deux types de tissus se conservent intactes au cours de la culture *in vitro*, car même au bout de plusieurs années de développement en dehors de l'organisme, ils demeurent capables de produire des tumeurs par greffage sur des plantes saines.

Braun a affirmé qu'il est pourtant possible d'obtenir le retour de cellules tumorales à l'état normal. Il s'est appuyé pour cela sur des expériences consistant à inoculer la Bactérie du Crown-Gall à des tiges décapitées

([5]) L. S. B. Leakey, *Museu do Dundo*, Lisboa, 1949, p. 1-82.

([1]) *Cancer Research*, 2, 1942, p. 597-617.

([2]) P. Limasset et R. J. Gautheret, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2043.

de Tabac ([3]). Cette inoculation provoquait le développement de tumeurs sur lesquelles apparaissaient des pousses feuillées dont les tissus présentaient des caractères anatomiques et physiologiques normaux. Toutefois, ces expériences n'étaient pas irréprochables car on pouvait imaginer que les tumeurs obtenues par Braun étaient formées d'un mélange d'éléments normaux et tumoraux pouvant être sélectionnés au cours de la prolifération ultérieure.

Ces diverses considérations nous ont suggéré de rechercher si le contact prolongé d'un tissu normal et d'un tissu de Crown-Gall ou d'un tissu accoutumé pourrait déterminer une régression des propriétés tumorales de ces derniers.

Pour cela, nous avons greffé suivant la méthode de White ([4]) des fragments de colonies de tissus de Crown-Gall et de tissus accoutumés de Tabac sur des plantes saines de la variété White-Burley. Un grand nombre de greffons ont proliféré pour donner des tumeurs. Au bout de 50 jours, des fragments isolés de ces tumeurs furent greffés sur des pieds sains de la variété Samsun. On observa également la production de tumeurs, et celles-ci furent utilisées de nouveau pour réaliser de nouvelles greffes sur des plantes de la même variété. Des tumeurs se développèrent encore une fois et nous avons enfin réalisé un quatrième greffage en opérant de la même manière. En définitive, les tissus tumoraux furent maintenus pendant 219 jours au contact des tissus normaux. Le tableau ci-joint, qui résume nos résultats, montre que les tissus de Crown-Gall et les tissus accoutumés avaient conservé leur pouvoir tumoral jusqu'à la fin de l'expérience.

Résultats fournis par des greffages successifs de tissus de Crown-Gall et de tissus accoutumés sur des tiges de Tabac.

		1er greffage (variété White-Burley).	2e greffage (variété Samsun).	3e greffage (variété Samsun).	4e greffage (variété Samsun).
	Dates des greffages.........	20 nov. 1951.	9 janv. 1951.	15 mars 1952.	3 mai 1952.
Tissus de Crown-Gall.	Nombre des greffes réalisées..	17	14	10	10
	Nombre des greffes ayant fourni des tumeurs..............	7	11	5	3
Tissus accoutumés.	Nombre des greffes réalisées..	18	16	8	8
	Nombre des greffes ayant fourni des tumeurs..............	13	5	2	4

On constate, en outre, que la proportion des réussites a varié d'une manière incohérente au cours des greffages successifs, et que dans l'ensemble

([3]) *Cancer Research*, **11**, 1951, p. 839-844.
([4]) *Cancer Research*, **4**, 1944, p. 791-794.

il n'existe pas de différence entre le comportement des tissus de Crown-Gall et celui des tissus accoutumés. Dans les deux cas le pouvoir tumoral s'est maintenu au cours des greffages successifs. Ces essais doivent être complétés par une étude morphologique et physiologique des tumeurs obtenues par greffage.

PHYSIOLOGIE. — *Mise en évidence d'effets spécifiques non thermiques dans l'action nerveuse des ultrasons.* Note (*) de MM. **René-Guy Busnel**, **Jovan Gligorijevic**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoue**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré, par la chonaximétrie (1), la grande sensibilité des nerfs sensitifs et moteurs ainsi que des centres nerveux vis-à-vis des ultrasons de 1 MHz. Le mécanisme intime de l'action des ultrasons sur les tissus nerveux reste cependant à définir. Thérapeutes et expérimentateurs tendent souvent à penser que les ultrasons ne sont qu'une forme de diathermie, le facteur agissant étant la chaleur dégagée par l'absorption de l'énergie acoustique des tissus. Quelques auteurs, par exemple Fry et ses collaborateurs (2), apportent cependant des preuves d'une action spécifique indépendante de l'action thermique.

La comparaison de nos résultats avec ceux qui avaient été obtenus par A. B. et P. Chauchard (3) lors de l'analyse chronaximétrique des actions thermiques périphériques sur le système nerveux, laissait entrevoir de notables différences. Nous avons donc entrepris de nouvelles expériences pour comparer l'effet nerveux spécifique des ultrasons à celui d'un facteur thermique pur appliqué dans des conditions analogues de pénétration tissulaire (ondes courtes de 6 m en monopolaire et infrarouge) chez le Rat et la Grenouille, au niveau de la plante du pied, du trajet du sciatique, de la colonne vertébrale et du crâne. Les mesures thermiques étaient effectuées à l'aide de microthermocouples introduits *in situ* et l'on comparaît les modifications chronaxiques produites pour une même variation de température par les facteurs thermiques et les ultrasons sur l'animal éveillé ou anesthésié.

Résultats. — 1° *Effet direct.* — Si les facteurs thermiques purs et les ultrasons agissent dans le même sens en provoquant une diminution des chronaxies quand on les applique au point de mesure des chronaxies motrices, les conditions des deux métachronoses sont différentes. Tout d'abord le seuil d'action

---

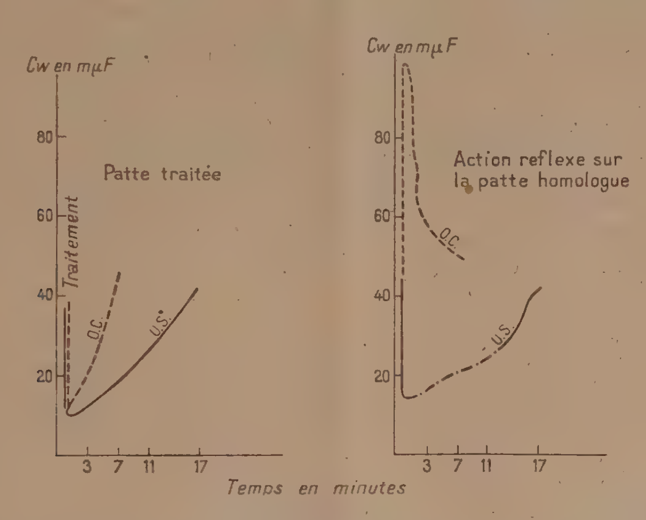
(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1535.

(2) W. J. Fry, D. Tucker, E. J. Fry et V. J. Wulff, *J. Acoustic. Soc. Amer.*, 22, 1950, p. 867; et 23, 1951, p. 364.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1021.

des ultrasons est très inférieur à celui des facteurs thermiques; on obtient une diminution de chronaxie importante alors que la température du tissu n'a pas sensiblement varié et, pour enregistrer par les facteurs thermiques purs une métachronose analogue à celle que donne une dose d'ultrasons, il faudra toujours une augmentation de température plus grande ou plus durable. D'autre part, pour une même amplitude, la métachronose par ultrasons est toujours plus durable que la métachronose thermique : chez le Rat, pour une augmentation de 3° C consécutive à une application d'ultrasons, le retour à la normale demande 17 m; il en faut seulement 7 avec les facteurs thermiques.



Rat éveillé : chronaxies motrices CW de la patte traitée et de son homologue non traitée, par les U-S et les ondes courtes (O. C.). Application au niveau du genou. Facteur de couplage eau. Puissance U-S = 3,13 W pendant 2 mn. Élévation de température par les deux procédés de 3°C.

2° *Effet réflexe.* — Avec les ultrasons on trouve du côté de l'application ou du côté opposé un effet reflexe identique à l'effet direct subsistant sur l'animal anesthésié; l'action réflexe homolatérale se manifeste avec les mêmes doses que l'effet direct. Avec les facteurs thermiques, on constate que le seuil de l'action réflexe est plus élevé que celui de l'action directe. D'autre part, en accord avec les résultats antérieurs de A., B. et P. Chauchard, la métachronose réflexe est inverse; on observe une importante augmentation des chronaxies au-dessus des valeurs normales, tant du côté de l'application que du côté opposé; ce phénomène disparaît sur l'animal anesthésié; il ne s'agit donc pas d'une action sur les centres médullaires, mais d'une influence réflexe s'exerçant au niveau du centre encéphalique de la subordination que l'anesthésie met hors de cause; ce phénomène est donc différent de celui qui est provoqué par les ultrasons.

3° *Effets centraux.* — L'application d'ultrasons sur la moelle, à un niveau moyen de celle-ci, provoque une diminution des chronaxies sur les pattes

antérieures comme sur les postérieures, l'amplitude étant maxima sur les pattes les plus proches de l'application. Avec les facteurs thermiques, on ne note la diminution de chronaxie que si l'application est faite au niveau des noyaux d'origine du nerf interrogé; à distance, c'est l'augmentation de chronaxie d'origine réflexe encéphalique qui est obtenue. Après anesthésie, ce réflexe disparaît et, sur les pattes distantes, apparaît une légère action des facteurs thermiques (faible diminution des chronaxies) masquée sur l'animal éveillé par l'effet réflexe. L'action directe des facteurs thermiques sur les centres encéphaliques provoque, comme celle des ultrasons, une diminution généralisée des chronaxies, disparaissant par l'anesthésie; ici encore les conditions des deux phénomènes établissent le non-parallélisme entre ultrasons et chaleur.

On peut donc conclure de ces réactions différentes du système nerveux soumis aux ultrasons ou à une élévation thermique pure qu'un facteur autre que la température intervient dans la réaction. Nous tendons à penser que cet effet spécifique pourrait être d'ordre mécanique. En effet, l'application de vibrations à l'aide d'un diapason donne un tableau chronaxique analogue à celui des ultrasons.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les modalités de la thermolyse par perspiration et par transpiration.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. André Mayer.

La transpiration et la perspiration, en tant que causes de la thermolyse, sont liées l'une à l'autre, mais il ne semble pas que l'on soit fixé encore, d'une façon certaine, sur le degré de cette relation.

D'après Jürgensen (¹), la sécrétion sudorale est un phénomène continu, même lorsque la peau se trouve à l'état absolument sec et, en dehors de cette élimination d'eau par voie sudorale, il n'existe pas, à proprement parler, une *perspiratio insensibilis*.

Selon Lœwy (²) et Richardson (³), la perspiration insensible est aussi importante chez les personnes normales pourvues de glandes sudoripares que chez celles qui en sont congénitalement dépourvues. Les glandes sudoripares ne sont pas constamment en activité; elles ne sont actives que par intermittence et ne participent pas à la perspiration (Lœwy) (⁴).

Par contre, Moog et Buchheister (⁵), tout en confirmant les constatations de Jürgensen relatives à la sécrétion continue des glandes sudoripares, admettent que l'excrétion insensible d'eau par l'organisme humain

(¹) *Deutsche Arch. klin Med.*, 144, 1924, p. 193.
(²) *Virchows Arch.*, 206, 1911, p. 79.
(³) *J. Biol. Chem.*, 67, 1926, p. 397.
(⁴) *Biochem. Z.*, 67, 1914, p. 243.
(⁵) *Münch. med. Woch.*, 73, 1926, p. 895.

se compose de deux parties, bien que d'importances inégales, c'est-à-dire de la transpiration et de la perspiration insensibles.

D'autre part, pour certains auteurs, la perspiration n'est pas du tout un phénomène actif, mais elle est un processus purement physique d'évaporation due à la diffusion ou à l'osmose de l'eau à travers la couche kératinisée de la peau (4), (6); elle a la même importance pour la peau vivante que pour la peau morte. En chauffant la peau vivante, on augmente la perspiration dans la même proportion qu'en chauffant la peau morte (7), (8). Le processus est probablement celui d'une diffusion physique, dit Richardson (3), mais on peut concevoir aussi qu'il s'agit d'une excrétion active d'eau par l'épithélium cutané.

Au contraire, pour Moog et Buchheister (5), la perspiration est un processus physiologique et vital, soumis aux exigences et aux besoins physiologiques et non pas purement aux lois physiques.

Gasnier et Mayer (9) ont d'ailleurs montré que la perspiration dépend, non seulement des conditions externes, mais aussi des conditions internes et que, dans une certaine mesure, elle est influencée par le métabolisme de l'eau.

Or, la méthode hygrophotographique que nous avons mise au point (10) permet d'apporter une nouvelle confirmation à ces résultats; elle montre, en particulier, que les glandes sudoripares rejettent constamment de l'eau et que, de plus, ce dégagement de la vapeur d'eau a lieu non pas sous forme de diffusion lente et progressive, mais sous la forme d'une émission moléculaire active, pouvant impressionner la plaque hygrophotographique à 10 mm de distance.

Lorsque nous appliquons la main sur une *pellicule* hygrophotographique la perspiration insensible arrive à y imprimer une image de celle-ci tellement fidèle qu'on l'aurait pu confondre avec une image photographique réelle et sur laquelle on voit cependant, groupés dans certaines régions. des points noirs correspondant à l'activité des glandes. Si l'on pose la main sur la pellicule après l'avoir chauffée d'abord sur une plaque métallique bien chaude, l'image hygrophotographique se renforce davantage et l'on y voit les glandes sudoripares en nombre bien plus considérable, Quand on pose les extrémités des doigts, à l'exclusion du pouce, sur la plaque en donnant à la main une inclinaison de 45° sur celle-ci, et le pouce

---

(6) A. G. R. WHITEHOUSE, W. HANCOCK et J. S. HALDANE, *Proc. Roy. Soc.*, **111** B, 1932, p. 412.

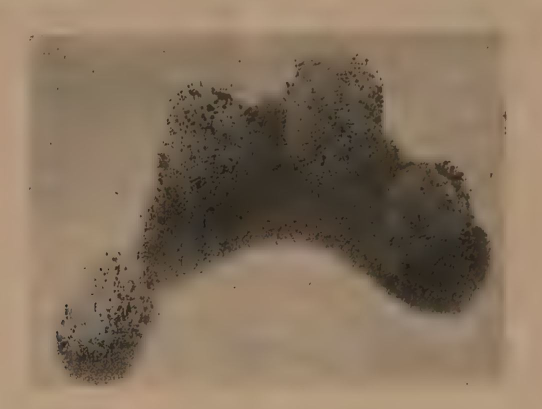
(7) T. WINSOR et G. E. BURCH, *Arch. intern. Med.*, **74**, 1944, p. 428.

(8) G. E. BURCH et T. WINSOR, *Arch. intern. Med.*, **74**, 1944, p. 437.

(9) *Ann. Physiol.*, **13**, 1937, p. 131.

(10) J. SIVADJIAN, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1911.

étant bien dégagé, afin d'éviter la formation d'un espace clos à l'arrière, on voit les empreintes des doigts s'inscrire normalement sur la plaque, Mais, en même temps, derrière ces empreintes, se dessine une « ombre » qui, suivant les conditions de l'expérience, peut atteindre jusqu'à 1 cm



de longueur et qui est uniquement due à la perspiration insensible (voir *figure*). Si, au lieu d'appuyer la main sur la plaque on la maintient horizontalement au-dessus de celle-ci, sur une hauteur de 10 mm au maximum, on voit également « l'ombre » se projeter sur la plaque et les contours très nets de cette « ombre » indiquent clairement que la vapeur dégagée dont elle provient, n'est pas le résultat d'une simple diffusion lente, mais qu'elle doit être attribuée à une sorte de rayonnement, à un jet, en rapport évidemment avec le rayonnement calorifique cutané et lié, par conséquent, à la vie active des tissus sous-jacents. Lorsque l'on enduit l'un des doigts d'un produit imperméable à l'eau, comme la vaseline, on remarque alors l'absence du doigt imperméabilisé dans l'ombre projetée.

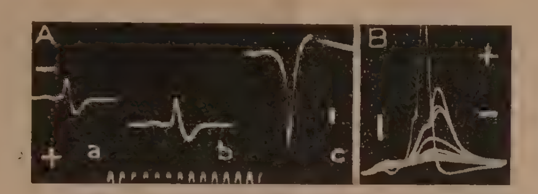
NEUROPHYSIOLOGIE. — *Réception intracellulaire de l'activité d'un neurone des lobes électriques de* Torpedo marmorata. Note de Mme **Denise Albe-Fessard** et M. **Pierre Buser**, présentée par M. Robert Courrier.

Les lobes électriques, noyaux bulbaires qui sont, chez la Torpille, les centres moteurs des organes électriques, sont constitués de neurones dont les corps cellulaires, tous semblables et de grande taille (environ 70 μ chez une Torpille moyenne), se prêtent bien à une exploration intrasomatique. Pour y parvenir, on réalise avec la microforge de De Fonbrune, des micropipettes dont l'extrémité effilée ne dépasse pas 1-1,5 μ de diamètre extérieur. Ces microélectrodes, remplies de KCl 3 M [modèle déjà utilisé par Fessard et Tauc [1]] sont implantées dans un lobe mis à nu,

---

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1228.

à l'aide du micromanipulateur de De Fonbrune [2]. Les différences de potentiel présentées entre la microélectrode et une électrode de référence impolarisable placée sur une région inactive sont appliquées à l'entrée d'un dispositif changeur d'impédance et, après une amplification à liaison directe, aux plaques d'un oscillographe cathodique. La position du spot sur l'écran de l'oscillographe permet donc de s'apercevoir de la pénétration de la microélectrode à l'intérieur d'un neurone, par suite de son passage de l'autre côté de la couche polarisée qui entoure toute cellule. Le potentiel de repos peut être ainsi mesuré. Nous l'avons trouvé compris entre 40 et 60 mV.



Potentiels d'action provenant d'un lobe électrique de *Torpedo marmorata*, en réponse à la stimulation des voies afférentes spinales :

A, au cours d'un enfoncement progressif d'une microélectrode : *a*, *b*, activités extra-cellulaires; *c*, activité intra-cellulaire. Trait vertical : 10 mV. Temps en millisecondes.

B, la microélectrode étant immobile à l'intérieur d'une cellule, on enregistre, superposées, une série de réponses à des stimulations successives d'intensité croissante. Trait vertical : 10 mV. Même échelle de temps qu'en A.

Pour étudier la réponse normale d'un neurone, le lobe est mis en activité par voie réflexe, en stimulant les voies ascendantes spinales par un choc électrique bref donné une fois toutes les 2 secondes. Entre chaque stimulation, la microélectrode, d'abord enfoncée dans le lobe mais encore extra-cellulaire, est déplacée verticalement de quelques microns. La figure montre, en A, l'exemple de trois enregistrements successifs ainsi obtenus. En *a*, la microélectrode recueille, environ 1 ms après une très faible déflexion négative signalant l'arrivée des influx afférents, une onde diphasique, d'abord négative, qui traduit la naissance puis le départ des potentiels d'action des structures nerveuses voisines. En *b*, le déplacement de la ligne de base vers les potentiels positifs nous indique la proximité d'une cellule; en même temps, l'amplitude de la réponse est accrue. Entre *b* et *c*, une barrière cellulaire a été franchie; le déplacement du spot nous permet de mesurer le potentiel de repos (50 mV); la réponse, comme on doit s'y attendre, change de sens; elle augmente brusquement de grandeur, atteint 65 mV, et apparaît greffée sur une onde de base, d'évolution plus lente, dont l'existence est plus accusée dans les tracés B.

---

[2] *Technique de micromanipulation*, 1949, p. 203, Masson, Paris.

Cette seconde partie de notre figure où, pour revenir aux conventions habituelles, nous avons inversé le sens des déflexions, rend compte d'une expérience dans laquelle nous avons superposé plusieurs réponses de la même cellule (microélectrode fixe) correspondant à des stimuli successifs d'intensité croissante. Il apparaît d'abord une onde de 4-5 ms, dont l'amplitude croît avec l'intensité de la stimulation, c'est-à-dire avec l'augmentation du nombre des fibres afférentes actives qui ont des connexions avec ce neurone. Lorsque cette onde atteint une certaine valeur, ici 15 mV, un potentiel d'action en émerge, qui peut être de faible amplitude et rester local, mais croît en général rapidement jusqu'à un maximum (70-80 mV), et prend alors les caractères d'un potentiel d'action propagé.

Ainsi, nous avons pu prouver que les somas neuroniques étudiés sont capables de fournir une réponse brève propagée ou « spike », et que cette réponse est liée au développement d'une dépolarisation locale, certainement identique aux potentiels des régions synaptiques qui ont été enregistrés par voie extra-somatique sur d'autres préparations [notamment par Bullock ([3])]. Nos résultats présentent une grande analogie avec ceux fournis récemment (1951) par Brock, Coombs et Eccles ([4]) qui étudièrent avec des microélectrodes les cellules motrices de la moelle du Chat.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Réactions à la lumière de* Lineus ruber (*Némertien*) *en éclairage ventral.* Note de Mlle **Marie Gontcharoff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les réactions des animaux à la lumière sont un des chapitres les plus confus de la Biologie. Les classifications des phototropismes ou phototaxies sont nombreuses, mais aucune ne permet d'envisager le sujet d'un point de vue vraiment biologique. Les animaux se dirigent vers la lumière ou en sens inverse, mais sous l'apparente simplicité de la réaction se cachent bien des problèmes qui attendent leur solution.

Les *Lineus ruber* présentent un phototropisme négatif. Il nous a semblé intéressant d'étudier leurs réactions phototropiques en fonction de la régénération du système nerveux et de l'appareil oculaire. Mais cela ne pouvait constituer que la seconde partie de l'étude, le comportement des animaux normaux étant à la base de tout travail de recherche. Je ne voudrais, aujourd'hui, décrire que le comportement en éclairage ventral.

Les expériences ont lieu en chambre noire; les animaux étant introduits dans une cuve de 1 m de côté, contenant 10 l d'eau de mer. Une cuve

---

([3]) *J. Neurophysiol.*, **11**, 1948, p. 343-364.
([4]) *J. Physiol.*, London, **117**, 1952, p. 431-460.

spacieuse est indispensable. Dans une cuve de faibles dimensions, les expériences sont faussées par l'intervention du thygmotropisme; arrivés au bord de la cuve ou du cristallisoir, les animaux suivent le bord et les réactions à la lumière sont perturbées. La température et la salinité interviennent également; nous étudierons leur rôle dans une Note ultérieure.

Les expériences s'effectuent en lumière blanche d'intensité variable : 200-2 700 lx, à une température de 18-20°.

Je rappelle que chez *Lineus ruber*, les yeux sont disposés sur la face dorsale en deux rangées parallèles de 4-6 éléments.



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1 : Fragments de pistes; éclairage par un faisceau de rayons parallèles; deux flèches indiquent la direction des rayons lumineux; une flèche indique la direction dans laquelle l'animal se déplace. Fig. 2 : Piste en éclairage dorsal (réduit au 1/3). Fig. 3 : Piste en éclairage ventral (photogr. M. Gontcharoff).

Éclairons la cuve par un faisceau rasant de rayons parallèles. Après un court temps de latence, les animaux s'orientent en sens inverse des rayons lumineux et s'éloignent de la source d'un glissement lent et continu sans presque dévier de la ligne droite (la figure 1 représente un fragment d'une telle piste).

Plaçons la source lumineuse au-dessus de la cuve, de sorte que les rayons lumineux frappent les animaux par la face dorsale; il n'y a plus, à pro-

prement parler, d'orientation, les *Lineus* décrivent de larges cercles, d'un même glissement lent et continu (*fig.* 2).

Par contre, si les rayons lumineux (la source étant placée au-dessous de la cuve) atteignent les animaux par la face ventrale, le comportement des Némertes devient très différent et c'est sur ce net changement que je voudrais attirer l'attention.

Le glissement lent disparaît; on note de brusques et fréquents changements de direction; les animaux paraissent complètement désorientés et la piste est enchevêtrée et complexe. Le mode de progression est aussi très différent; la tête ne repose plus sur le fond de la cuve, mais est constamment soulevée, animée d'oscillations irrégulières à droite et à gauche; toute la partie antérieure du corps, en général, ne repose plus sur le verre, mais soulevée, demeure entre deux eaux et, dans les cas extrêmes, l'animal tout entier quitte le fond et flotte en surface, ce qui est un comportement très inhabituel, car dans des conditions normales, les *Lineus* ne nagent pas et se déplacent, sur le fond, par glissement ou ondes musculaires péristaltiques.

On pourrait supposer que la position dorsale de l'appareil oculaire serait à l'origine de ce comportement particulier; la question est à l'etude (examen des animaux après ablation uni ou bilatérale des yeux). Mais il apparaît, dès maintenant, que ce comportement donne un argument en faveur de l'existence d'un gradient physiologique dorso-ventral, dont nous avons indiqué l'existence dans un travail antérieur (¹). En tout état de cause, il paraît clair qu'un même stimulus provoque un très net changement de comportement selon qu'il est reçu soit par la face ventrale, soit par la face dorsale.

CYTOLOGIE. — *Quelques formules chromosomiques chez les* Lycænidæ (*Lépidoptères Rhopalocères*). Note de M. **Hubert de Lesse**, présentée par M. Louis Fage.

Les formules chromosomiques actuellement connues chez les *Lycænidæ* ont été établies par H. Federley (¹) et surtout par Z. Lorkovic (²). Leurs travaux font ressortir, dans cette famille, la fréquence du nombre haploïde $n = 23$ ou 24, les nombres 25 et 26 n'ayant été comptés que rarement. En 1941, Lorkovic a signalé $n = 45$ chez *Lysandra bellargus* Rott. et $n = 90$ chez *L. coridon* Poda. L'auteur a donné de ces nombres élevés une explica-

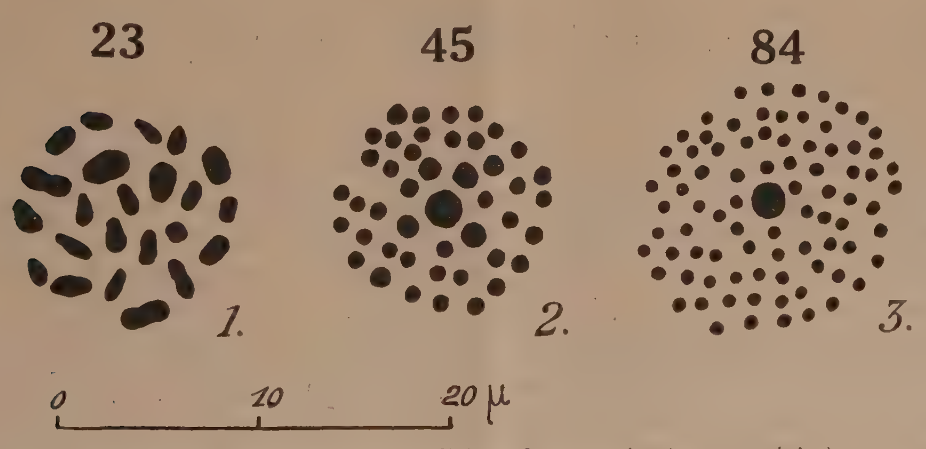
(¹) *Ann. des Sc. Nat. Zool.*, 11ᵉ série, 13, 1951.

(¹) *Hereditas*, 24, 1938, p. 397-464.
(²) *Chromosoma*, II, 2, 1941, p. 155-191.

tion basée sur la fragmentation successive d'un stock chromosomique fondamental égal à $n = 23$. Il m'a paru utile de rechercher si une telle hypothèse pouvait être confirmée sur d'autres espèces de *Lycænidæ*, et de préciser, en même temps, certains nombres établis sur un matériel ne provenant pas de France.

Matériel et techniques. — Les différentes espèces de *Lycænidæ* étudiées ont été capturées à l'état d'imago dans l'Ariège, l'Ardèche, la Lozère, le Puy-de-Dôme, les Basses-Alpes, le Var et la région parisienne. Les testicules ont été prélevés à l'état vivant quelques heures après la capture et fixés au Bouin, en moyenne 24 h. Après lavage à l'alcool à 70°, les pièces ont été conservées dans l'alcool à 80°, environ quatre mois. Les testicules des Lépidoptères capturés dans le Var ont été fixés au Carnoy pendant 5 mn et conservés dans les mêmes conditions pendant une semaine. Après inclusion à la paraffine, les coupes (7 μ) ont été colorées par la méthode de Feulgen. La comparaison du matériel conservé dans l'alcool et de celui qui est inclus immédiatement après les fixations (insectes de la région parisienne, de l'Ardèche et de la Lozère) n'a pas fait apparaître de différences.

Observations. — Au stade de l'imago, la spermatogénèse, déjà très avancée, ne montre que très peu de figures de métaphases spermatogoniales.



Plaques équatoriales de la première division de maturation (spermatogénèse).

Fig. 1. — *Aricia nicias* Meig. ($n = 23$), Larche (B.-A.), 27 juillet 1952. Fig. 2. — *Lysandra (Agrodiætus) damon* Schiff. et D. ($n = 45$), 27 juillet 1952. Fig. 3. — *Lysandra albicans* H. S. ($n = 84$), Aubenas (Ardèche), 28 août 1952.

Les métaphases de spermatocytes de deuxième ordre sont également rares et surtout peu lisibles. Les numérations ont donc été effectuées sur les plaques équatoriales de la première division de maturation. Les chromosomes sont d'aspect plus ou moins massif et l'on observe souvent un chromosome plus volumineux au centre de la plaque.

Espèces.	Localité et date.	Nombre haploïde.	Nombre d'individus.
Palæochrysophanus hippothoë L. ♂	Forez (Puy-de-Dôme) 1200 m 26 juin 1952	$n = 24$ (3)	3
Strymonidia pruni L. ♂	Saint-Germain (Seine-et-Oise) 1er juin 1952	$n = 23$	1
Aricia nicias Meig. (= *donzelii* Bsdv.) ♂	Larche (Basses-Alpes) 1900 m 27 juillet 1952	$n = 23$ (*fig.* 1)	1
Lysandra (*Agrodiætus*) *damon* Schiff. et D. ♂	Larche (Basses-Alpes) 1900 m 27 juillet 1952	$n = 45$ (*fig.* 2)	4
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Croix-Valmer (Var) 21-22 avril 1952	$n = 84$	12
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Croix-Valmer (Var) 21-22 avril 1952	$n = 85$	2
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Aubenas (Ardèche) 21 mai 1952	$n = 84$	1
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Aubenas (Ardèche) 28 août 1952	$n = 84$ (*fig.* 3)	1
Lysendra coridon Poda ♂	Salau (Ariège) 800 m 7 juillet 1952	$n = 88$	7
Lysandra coridon Poda ♂	Pont-de-Monvert (Lozère) 22 août 1952	$n = 88$	1

Conclusion. — La validité spécifique de *L. albicans*, espèce bivoltine, parfois difficilement séparable de *L. coridon*, espèce monovoltine avec laquelle elle coexiste dans la région méditerranéenne, se trouve confirmée par l'étude cytologique. Toutefois, j'ai compté sur deux individus de *L. albicans* $n = 85$, et non $n = 84$ comme dans la majorité des cas, et d'autre part, je n'ai trouvé que $n = 88$ chez les *L. coridon* de l'Ariège et de la Lozère, alors que Lorkovic a compté $n = 90$ chez ceux de Yougoslavie. La difficulté à préciser des nombres aussi élevés ne permet pas d'affirmer qu'il s'agit d'une variation individuelle dans le premier cas et géographique dans le second. De telles variations furent, cependant, déjà observées chez d'autres espèces par Lorkovic (*op. cit.*). Enfin, bien qu'on puisse constater une diminution de la taille des chromosomes parallèlement à l'accroissement de leur nombre, le cas de *L. albicans* ($n = 84$) ne paraît pas susceptible de s'expliquer par une fragmentation régulière à partir du nombre $n = 45$.

---

(3) Cette espèce a été étudiée par Federley (*op. cit.*). Le nombre chromosomique de *P. hippothoë* n'était cependant connu que chez la ♀.

BIOLOGIE. — *Pénétration, variable selon la longueur d'onde, des radiations visibles jusqu'à l'hypothalamus et au rhinencéphale, à travers la région orbitaire, chez le Canard.* Note (*) de MM. **Jacques Benoit**, **Ivan Assenmacher** et M[lle] **Simone Manuel**, présentée par M. Robert Courrier.

La gonadostimulation par la lumière s'opère, chez le Canard, par la double action de certaines radiations visibles, sur la rétine et, à travers les tissus, directement sur les régions hypothalamique et rhinencéphalique du cerveau. Celles-ci sont fonctionnellement reliées à l'hypophyse et leur excitation lumineuse directe induit la sécrétion par cette glande d'hormones qui stimulent les glandes génitales (Benoit, 1937, 1938; Benoit et Kehl, 1939; Benoit, Walter et Assenmacher, 1950). On peut d'ailleurs facilement se rendre compte de cette pénétration profonde des rayons lumineux en observant par l'intérieur une tête de Canard débarrassée de son cerveau et éclairée latéralement : la face endocranienne de l'orbite est tout particulièrement éclairée, à travers l'os et la dure-mère. On observe même dans ces conditions que l'œil fait office de lentille et concentre les rayons lumineux sur la paroi osseuse en une plage restreinte vivement illuminée.

Nous avons entrepris de mesurer l' « opacité » (inverse de la « transmission ») de la région orbitaire d'une tête de Canard, à des radiations de différentes longueurs d'onde, par un procédé photographique : deux fragments d'un même film panchromatique sont exposés aux radiations d'une petite ampoule électrique filtrées par des verres colorés (bleu-indigo, vert et jaune) ou interférentiels (orangé et rouge) dans les deux conditions suivantes : 1° derrière la région orbitaire d'une tête de Canard et le filtre à 20 cm de la source lumineuse; 2° sans interposition autre que celle du filtre, mais à 4,50 m de cette même source. Les temps de pose sont établis par tâtonnements pour que les densités des plages impressionnées, mesurées avec une cellule photoélectrique et un galvanomètre, se situent dans la partie rectiligne de la courbe caractéristique logarithmique du film, préalablement établie. Dans ces conditions, la comparaison des opacités des deux fragments de film, obtenues avec un même filtre, permet, après les corrections nécessaires relatives aux différences de distance, de temps de pose et de développement (malgré les précautions prises : même température et même durée de révélation), d'obtenir la valeur de l'« opacité » de la région orbitaire pour la radiation considérée. Le film utilisé (Eastman panchromatique « supersensitive » du type 52 C) fut employé sous la forme de languettes larges de 5 mm, successivement introduites dans

(*) Séance du 10 décembre 1952.

un tube de verre aplati fixé derrière la paroi osseuse, entre la dure-mère et le cerveau. La source lumineuse (ampoule électrique de 6 V, 30 W, alimentée par accumulateurs) était elle-même placée de telle sorte que ses rayons, concentrés par l'œil, formaient une plage lumineuse sur la partie basse du tube où s'impressionnaient les languettes. Ces conditions étaient réalisées lorsque la direction de la source lumineuse formait un angle de 32° environ, ouvert en avant, avec le plan sagittal médian de la tête posée horizontalement, et un angle de 10° au-dessous du plan horizontal passant par l'œil. Les filtres utilisés, assez sélectifs, avaient déjà été utilisés dans une expérience de gonadostimulation [1].

Les résultats obtenus furent les suivants :

Filtre.	λ au max. de la transmission (mμ).	Opacités région orbitaire de cinq différents canards.					Opacités moy.	Opacité à λ... / Opacité au rouge.
Bleu indigo B 1...	436	900	3420	785	2520	2310	2000	36,5
Vert V 7........	546	208	1000	–	592	500	575	10,5
Jaune J 2.......	577	128	354	144	176	322	225	4,1
Orangé O 1.....	617	104	136	111	142	178	134	2,44
Rouge D 1......	647	49	70	39	52	66	55	1

1° *L'opacité de la région orbitaire* au bleu indigo est de 2 000 en moyenne : pour cette couleur la 2 000e partie seulement de l'énergie lumineuse incidente traverse la région orbitaire et impressionne le film photographique. Les autres radiations sont de plus en plus pénétrantes à mesure que leur λ augmente. L'opacité au rouge D 1 est de 55 seulement. Si l'on prend pour unité cette opacité au rouge, on constate que la région orbitaire est approximativement 2,5 fois plus opaque à l'orangé, 4 fois plus au jaune, 10 fois plus au vert et près de 40 fois plus au bleu indigo.

2° Le tube destiné à recevoir les languettes photographiques étant laissé à sa place dans la tête, la source lumineuse est disposée de telle sorte que ses rayons frappent, non plus obliquement, mais *perpendiculairement*, et toujours à 20 cm, la face latérale de cette tête. Dans ces conditions, l'œil ne fait plus office de lentille sur le film et d'autres tissus, plus opaques, sont traversés. Nous trouvâmes chez divers sujets des opacités de 46 500 au lieu de 2 520 pour le bleu indigo, 5 060 au lieu de 540 et 2 765 au lieu de 176 pour le jaune, 237 au lieu de 52 pour le rouge.

En définitive, les radiations lumineuses visibles qui frappent latéralement la tête du Canard :

1° pénètrent d'autant plus les tissus que leur *longueur d'onde* est *plus grande*. Cette notion s'accorde avec les résultats antérieurement établis

---

[1] Benoit, Walter et Assenmacher, *J. Physiol.*, 42, 1950, p. 537.

sur divers tissus animaux (Guthmann, 1927; Pauli et Dennig, 1927; Cartwright, 1930; Danforth, 1930; Bachem et Reed, 1931, etc.);

2° trouvent, lorsqu'elles sont obliques, une voie de pénétration particulièrement favorable au niveau de l'orbite, grâce à l'œil qui fait office de *lentille*;

3° parviennent en quantité non négligeable par cette voie au cerveau et notamment à la *région de l'hypothalamus*, qui commande la fonction gonadostimulante de l'hypophyse.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'existence de caractères sexuels secondaires* ♀ *et sur le déterminisme de leur différenciation chez* Xiphophorus helleri H. O. Note de M. **Jean Vivien**, transmise par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré [1] que l'anatomie de la région postviscérale des ♀ de Xiphophores se distinguait nettement de celle des ♂ et se différenciait très tôt, à partir d'un type d'organisation indifférent rencontré chez les jeunes dont les indices corporels sont inférieurs à 150/55. Ces caractères anatomiques portent sur : la structure du squelette interne axial, qui subit, parallèlement à l'entrée en maturation de la gonade, des modifications importantes (régression progressive des hémapophyses et hémépines correspondant aux 12e, 13e et 14e corps vertébraux chez les ♀); la morphologie de la vessie natatoire, qui, chez les ♀, s'étend vers l'arrière en un lobe unique, alors qu'elle est bilobée chez les ♂; la position des uretères, qui, chez les ♀, sont rejetés latéralement au lieu de rester dans le plan sagittal du corps; le maintien au stade indifférencié des pièces interhémales supportant la nageoire anale restée, elle aussi, indifférenciée; le faible développement de la musculature motrice de la nageoire anale.

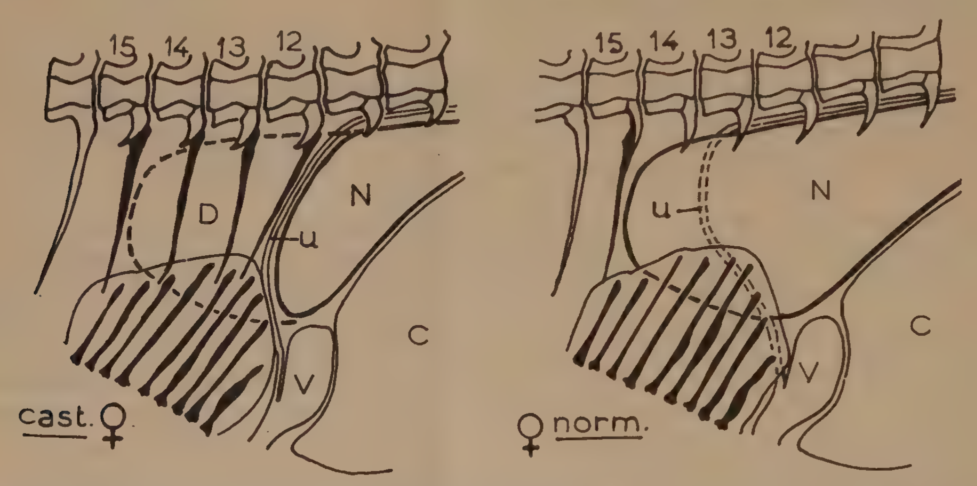
Après avoir précisé [1] les conditions dans lesquelles s'effectue cette différenciation, nous avons été amené à en rechercher le déterminisme.

La *castration*, pratiquée sur des jeunes, n'ayant pas dépassé les indices 120/30, montre, qu'après 7 et 8 mois de survie (limites normales de la différenciation), tous les castrats conservent une structure de la région postviscérale comparable à celle des jeunes ♂ immatures (persistance des hémapophyses et hémépines indifférenciées : indifférenciation des épines interhémales et des rayons de la nageoire anale; maintien des uretères en position sagittale; massif musculaire moteur de la nageoire peu développé; extension postérieure, bilobée, de la vessie natatoire, de part et d'autre d'un septum formé autour des hémépines persistantes) (voir *figure*).

---

(1) J. Vivien, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1551; J. Vivien et T. Mohsen, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1364.

La castration pratiquée sur des jeunes, d'indices compris entre 120/30 et 150/55, permet d'obtenir des castrats ♂ qui conservent tous le type décrit ci-dessus, tandis qu'un assez grand nombre de castrats ♀ présentent des types transitoires de régression des hémépines d'autant plus accusés que la castration est plus tardive. Ces formes intermédiaires correspondent à des phases de la différenciation normale que nous avons décrites antérieurement ([1]).



Schémas comparatifs des structures rencontrées chez une ♀ castrée et chez une ♀ normale témoin. C, cavité viscérale; D, diverticule postérieur de la vessie natatoire N; *u*, uretères; *v*, vessie urinaire.

Il semble donc que les phénomènes régressifs observés chez les ♀ soient sous le contrôle de la gonade; les régressions observées s'amorcent très précocement, dès le début de l'entrée en petit accroissement de l'ovaire.

L'étude expérimentale de l'*action des hormones* sexuelles ainsi que des *implants de gonades fraîches*, nous a montré que : le *propionate de testostérone* ou l'*anhydrooxyprogestérone* provoquaient, chez les jeunes ♀ traitées avant la phase de différenciation (indice 150/55), le maintien des hémépines et leur différenciation en gonapophyses, ainsi que la différenciation en gonactines des épines interhémales et l'apparition d'un gonopode plus ou moins typique ([2]); les mêmes traitements, appliqués tardivement, ne maintiennent et ne masculinisent que les formations non encore régressées lors de l'intervention; même en présence de l'ovaire intact, les hormones masculinisantes, appliquées à doses pharmacologiques, inhibent toute régression et provoquent une différenciation ♂ des éléments squelettiques du suspensonium gonopodial, présents au moment de l'intervention; la *déhydrofolliculine* ainsi que l'*acide diméthyléthylallénolique* ([3])

([2]) J. Vivien et T. Mohsen, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 773.
([3]) Novestrine Cremy G. C.

nous ont donné des résultats inconstants, provoquant, dans quelques cas seulement (17/26 survivants), la régression des hémépines chez les jeunes ♂ castrés ou entiers : l'*implantation répétée d'ovaires jeunes* à des ♂ infantiles castrés provoque l'apparition d'une morphologie ♀ plus ou moins complète.

Il existe donc, chez les Xiphophores, une différenciation morphologique postviscérale, spécifique du sexe ♀ qui met en jeu des processus régressifs contrôlés par l'ovaire, vraisemblablement par une sécrétion de nature hormonale œstrogène. Cette action est très précoce. Le type ♀ n'est pas le type neutre de l'espèce, comme l'avaient signalé tous les auteurs n'ayant pris en considération que la morphologie externe, mais un type sexuellement différencié, qui s'oppose au type infantile et au type ♂. Le type neutre manifesté chez les castrats, ne peut être rencontré que chez les ♂ en différenciation tardive, pendant une courte période qui précède l'entrée en prématuration du testicule.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Régénération et métamorphose chez un Batracien anoure,* Alytes obstetricans. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez les Batraciens anoures, en général, le pouvoir de régénération disparaît, au cours du développement larvaire, à l'approche de la métamorphose. Pour certains auteurs, c'est l'hormone thyroïdienne qui est considérée comme responsable de cette inhibition, soit en modifiant les tissus en général de l'organisme, soit en agissant plus particulièrement sur ceux de régénération. Ces opinions sont énoncées, pour la plupart, à la suite d'expérimentations utilisant des substances, provoquant ou inhibant la métamorphose, en solution dans le liquide d'élevage des animaux. Par cette technique opératoire, les organes en régénération sont en contact avec ces substances et celles-ci peuvent agir directement sur les régénérats, surtout au début du processus. Pour cette raison, il nous a semblé préférable de rechercher les rapports de la régénération et de la métamorphose en laissant celle-ci se dérouler normalement.

Environ 15 jours avant la métamorphose, à 21 têtards d'*Alytes* au stade III [1], la presque totalité d'un des membres postérieurs est supprimée par une section pratiquée dans le milieu de la cuisse. De l'ensemble des opérés, 4 restent à l'état de têtard; pour les autres métamorphosés normalement : 7 ne régénèrent pas, 2 donnent des membres normaux et 8 développent des régénérats atypiques. Chez ces derniers, les appendices

---

(1) *Comptes rendus,* 220, 1950, p. 1110.

régénérés sont très différents entre eux soit par le nombre de doigts, l'absence d'une partie du membre ou d'une articulation soit, enfin, par la production de protubérances plus ou moins importantes. Les régénérats ont la forme d'une palette aux premiers signes de la métamorphose, au cours de celle-ci et jusqu'à sa fin leur croissance et leur différenciation se poursuivent mais les formations n'en restent pas moins, en général, imparfaites. Il en est différemment si la régénération est provoquée par amputation du membre au même stade, mais à une époque très éloignée de la métamorphose, 6 à 7 mois. Dans une expérience précédente, réalisée sous cette condition [2], les régénérats normaux obtenus le sont dans une proportion beaucoup plus importante. Si les amputations sont faites à la même époque d'éloignement de la métamorphose, mais sur des membres d'un stade plus évolué, les régénérations sont de plus en plus déficientes et même absentes. Chez les Anoures, habituellement étudiés, les membres postérieurs acquièrent leur développement définitif près de la métamorphose.

La relation chronologique des deux phénomènes a fait considérer celle-ci responsable de la perte du pouvoir de régénération de ceux-là. En fait, les deux processus ne sont pas nécessairement liés; chez le Têtard d'*Alytes*, par exemple, les membres postérieurs peuvent être à un stade où ils ne régénèrent plus ou presque plus, tout en étant à une époque éloignée de la métamorphose. C'est ainsi que dans les deux dernières expériences précitées, les régénérats sont plus ou moins normaux selon l'état d'évolution des membres au moment de l'amputation; il y a un stade limite de possibilité de régénération sans, pour cela, que la métamorphose entre en jeu.

Dans la première expérience, à l'encontre des deux autres la régénération est provoquée très près de la métamorphose. Malgré que les membres soient amputés à un stade où ils peuvent régénérer normalement, en raison de la rapidité du développement, les moignons de régénération atteignent très vite le stade limite où ils peuvent difficilement régénérer — les régénérats en sont d'autant atypiques — en même temps que la métamorphose se déclenche. Il y a apparence de relation entre les deux processus.

La métamorphose s'effectuant naturellement n'est pas la cause de la perte du pouvoir de régénération chez le Têtard d'*Alytes*. Elle n'est pas non plus inhibitrice d'un processus de régénération préalablement provoqué et en cours d'évolution au moment où elle se manifeste.

---

(2) *Loc. cit.*, 1950.

RADIOBIOLOGIE. — *Action restauratrice de la peroxydase sur des bactéries irradiées.* Note de M. **Raymond Latarjet**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La peroxydase, comme la catalase, restaure certaines bactéries vouées à la stérilité par de fortes doses de rayons ultraviolets. Cette restauration semble résulter de ce que l'enzyme catalyse l'oxydation de substrats organiques par certains peroxydes radio-formés, et détourne ainsi ces derniers du processus d'altération cellulaire.

Certaines bactéries, stérilisées par de fortes doses de rayons ultraviolets, sont restaurées par la catalase [1], en ce sens que le nombre des cellules irradiées capables de donner une colonie sur gélose est augmenté de 100 à 1000 fois par l'adjonction de cet enzyme *après* l'irradiation. L'action restauratrice intéresse des composés relativement stables qui sont probablement des peroxydes organiques produits par l'irradiation du protoplasme bactérien, et qui constituent des intermédiaires dans le processus de la radiolésion léthale [2]. Lors d'un chauffage progressif, la catalase voit décroître, puis disparaître son pouvoir de restauration en même temps que son activité enzymatique [3]. La restauration est donc liée à une manifestation enzymatique de la catalase, c'est-à-dire soit à la décomposition d'hydroperoxydes (effet catalasique), soit à l'engagement de ces substances dans l'oxydation de substrats voisins (effet péroxydasique). L'effet catalasique apparaît peu probable du fait que le pyruvate de sodium et la réductose, qui décomposent l'eau oxygénée, ne restaurent pas. Les expériences suivantes démontrent qu'il s'agit bien d'un effet peroxydasique, en révélant que la peroxydase, qui n'assure que cet effet, restaure également.

Un échantillon de peroxydase, extrait du raifort et procuré par B. C. Saunders [4], a été essayé comparativement à la catalase sur *E. coli*, souche K. 12 S, selon la technique de restauration déjà décrite [2]. Le tableau ci-après donne les détails et les résultats d'une expérience.

L'échantillon, dont l'activité était environ le quart de celle des préparations les plus actives connues, donnait la restauration maximum à la concentration de 50 γ par centimètre cube de gélose. Tout comme avec la catalase, la restauration était augmentée par une illumination modérée du mélange bactéries irradiées-enzyme avant l'incubation.

---

(1) J. Monod, A. M. Torriani et M. Jolit, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 557.

(2) R. Latarjet et L. R. Caldas, *J. gen. Physiol.*, 35, 1952, p. 455.

(3) B. Miletic et P. Morenne, *Ann. Inst. Pasteur*, 83, 1952, p. 515.

(4) B. C. Saunders et G. H. Watson, *Biochem. J.*, 46, 1950, p. 629.

TABLEAU.

K. 12 S en suspension dans un tampon minéral : (1.10[7] cellules par centimètre cube).

U. V. : 2 200 ergs mm^{-2} (λ : 2 537 Å).

Étalement sur gélose : 0,1 cm^3 (10^6 cellules) par boîte.

	Nombres de colonies après incubation			
	témoin (sans enzyme).	avec catalase.	avec peroxydase.	avec catalase et éthanol.
Obscurité	0	461	409	822
Lumière	3	748	799	1537

Dans tous les cas, peroxydase et catalase donnèrent des taux de restauration si voisins que l'on peut considérer qu'elles restauraient la même catégorie de cellules. Il est donc légitime d'admettre que ces deux enzymes agissent ici selon le même mécanisme, c'est-à-dire par effet peroxydasique : des hydroperoxydes radio-formés doivent être déviés du processus léthal par l'oxydation de substrats organiques, réaction catalysée par l'enzyme, et connue comme étant favorisée par la lumière ([5]). D'ailleurs, conformément à une suggestion orale de M. A. Rosenberg, on double la restauration en joignant à l'enzyme un excès de substrat oxydable, sous forme d'éthanol (tableau).

La formation d'hydroperoxydes stables par l'irradiation de systèmes organiques a été reconnue, et le rôle de ces substances démontré dans la production de maintes radio-lésions telles que l'effet léthal ([6]), l'effet mutagène ([7]), l'induction de la croissance de certains virus ([8]), ([9]), la fission des acides nucléiques ([10]). Les expériences présentes semblent démontrer que le rôle de ces substances dans l'effet léthal des rayons ultraviolets peut, dans certains cas ([11]), être déjoué par des enzymes qui les réduisent dans des réactions peroxydasiques.

([5]) J. L. PHILPOT (Communication personnelle).

([6]) O. WYSS, F. HAAS, J. B. CLARK et W. S. STONE, *J. cell. comp. Physiol.*, 35, (suppl.), 1950, p. 133.

([7]) F. H. DICKEY, G. H. CLELAND et C. LOTZ, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 35 1949, p. 581.

([8]) A. LWOFF et F. JACOB, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2308.

([9]) M. OSAWA (Communication personnelle de K. Yamafuji).

([10]) B. E. CONWAY et J. A. BUTLER, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 834.

([11]) Ce traitement chimique n'a jamais restauré plus de 1 % des cellules irradiées, soit que la réaction restauratrice ait un faible rendement, soit, plus probablement, que le processus lésionnel intéressé ne joue qu'un rôle mineur parmi les processus initiés par l'irradiation et aboutissant à la stérilisation des bactéries.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la pluralité des ptérines des écailles des cyprinidés et des œufs de* Bombyx Mori. Note de MM. **Michel Polonovski, Carlos Alcantara** et **René-Guy Busnel**, présentée par M. Maurice Javillier.

La similitude des propriétés physiques, chimiques et physiologiques nous avait conduits à admettre l'identité de structure d'un certain nombre de substances à fluorescence bleue de nature ptérinique et isolées par nous, soit de l'écaille de carpe, soit des œufs de ver à soie. Nous avions dénommé ce pigment *fluorescyanine* (1) et l'avions considéré comme identique aussi à la ptérine des écailles de poisson extraite par Huttel et Sprengling (2) sous le nom d'ichtyoptérine. Par la suite, Tschesche et Korte (3) attribuèrent à ce dernier dérivé la même constitution que celle de l'acide 2-amino 4.7-dihydroxyptéridine 6-acétique (ou isoxanthoptérineacétique) préparé par synthèse. Mais en chromatographiant à l'aide d'une solution de $ClNH_4$, Hirata, Nawa, Matsuura et Kakizawa (4) obtinrent une différenciation de la fluorescyanine et du pigment du ver à soie. De notre côté, nous avons été également amenés, lors d'une étude comparée de toutes ces ptérines d'origine différentes, à revenir sur nos conclusions initiales et à reconnaître la dualité certaine des pigments fluorescents des écailles de *Cyprinus carpio* et des œufs de *Bombyx Mori*.

De même, l'identité de l'acide isoxanthoptérineacétique avec notre fluorescyanine nous paraissait improbable du fait de la différence de stabilité du carboxyle du produit de synthèse, ce dernier se transformant facilement en méthylisoxanthoptérine sous l'effet d'une élévation de température.

Lorsque nous utilisons la même technique de chromatographie sur papier que Tschesche, si nous partons de 3 gouttes d'une solution contenant 1 mg de ptérine dans 100 cm^3 de NH_3, 3N, sur papier Watman n° 1, nous obtenons, en développant, à l'aide d'une solution aqueuse de $ClNH_4$ à 3 %, les R_F suivants, révélés par fluorescence en ultraviolet.

Ptérine de l'écaille de carpe	0,64
» des œufs de *Bombyx Mori*	0,32
Acide isoxanthoptérineacétique	0,64 et 0,30
Méthylisoxanthoptérine	0,30

La deuxième tache de R_F 0,30, obtenue à partir de l'acide isoxanthoptérineacétique, correspond au dérivé décarboxylé qui se forme au cours des

(1) M. Polonovski, R.-G. Busnel et M. Pesson, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 163.

(2) *Ann. Chem.*, 554, 1943, p. 69.

(3) *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 84, 1951, p. 801.

(4) *Experientia*, 8, 1952, p. 339.

manipulations. Ainsi, la ptérine des œufs de ver à soie est bien distincte de celle que l'on trouve dans les écailles de Carpe (malgré la similitude de leur chromatogramme sur papier effectué à l'aide de solvants organiques divers ou de la chromatographie sur colonne d'alumine).

D'autre part, l'acide isoxanthoptérineacétique se décarboxyle très facilement et donne toujours une tache parasite sur le chromatogramme correspondant à la méthylisoxanthoptérine situé à un niveau très voisin de celui qui provient de la ptérine des œufs de *Bombyx Mori*. Cependant, un extrait méthanolique et ammoniacal de ces œufs, convenablement purifié, se comporte d'une manière très différente au cours d'une chromatographie sur colonne d'alumine du comportement de la méthylisoxanthoptérine de synthèse. Cette dernière se situe nettement plus bas, la plage fluorescente restant en surface de la colonne d'adsorption.

Nous arrivons donc à la conclusion que la fluorescyanine (des écailles de Carpe) est distincte à la fois de la ptérine des œufs de *B. Mori* (pour laquelle nous proposons le nom de fluorescyanine B ou, encore, d'*isofluorescyanine*) et de l'ichtyoptérine, si celle-ci répond bien à la formule de l'acide 2-amino 4.7-dihydroxyptéridine 6-acétique. Il n'est pas non plus encore démontré que la fluorescyanine B soit identique à la méthylisoxanthoptérine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence dans les huiles de foies de poissons d'un nouveau composé antirachitique et de son précurseur.* Note de M. **Yves Raoul**, Mlle **Noellie Le Boulch**, MM. **Jean Chopin**, **Paul Meunier** et Mme **Andrée Guérillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons précisé dans une Note récente [1] les méthodes de synthèse de notre vitamine D_7 à partir du cholestérol. Nous exposons comment on peut l'extraire des huiles de foies de poissons.

1° *Extraction du composé antirachitique préformé*. — Dans une petite ampoule à décanter renfermant 20 cm³ d'eau du robinet (suffisamment calcaire), on ajoute 5 cm³ de potasse méthanolique à 5 % récemment préparée à chaud et refroidie. On verse 5 cm³ d'huile de foie de morue et l'on procède à des extractions rapides et répétées par l'éther sulfurique sans peroxyde jusqu'à ce que l'extrait éthéré évaporé et repris par le réactif de Carr et Price en présence d'une goutte d'anhydride acétique ne donne plus de coloration sensible. On laisse finalement la phase hydro-alcoolique en présence de 20 cm³ d'éther sulfurique jusqu'au lendemain. L'extrait éthéré présente alors un spectre ultra-

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1439.

violet simple avec maximum à 265 mμ. On concentre sous vide ou sous courant d'azote à 2 ou 3 cm³, on filtre rapidemant sur une petite colonne renfermant 1 g d'alumine à chromatographie Prolabo, on achève de concentrer à tout petit volume et on précipite par le méthanol refroidi à — 20°. On obtient un fin précipité que l'on peut purifier, à partir de plusieurs opérations, par redissolution dans l'éther et précipitation dans le méthanol.

Le corps obtenu ne peut être distingué de celui qui est préparé par synthèse (²). $E_{1\,cm}^{1\,\%}$ à 265 mμ : 110 à 120 (éther sulfurique), rapport C/H = 7,3 environ. Un résidu calcique de 15 à 20 % s'observe après combustion. L'activité antirachitique sur le Rat est de 20 000 U. I./mg.

Cette extraction reproduit le dernier stade de la préparation synthétique du même corps à partir du cholestérol tel que nous l'avons décrit récemment (¹). On remarquera que le principe de l'extraction repose sur *le passage très lent du corps actif calcique dans l'éther sulfurique*.

Le corps actif isolé est le composé dit « actif en milieu alcalin » (²), mais il se présente sous la forme « active en milieu acide » dans l'huile naturelle en raison de la réaction acide de celle-ci. L'alcoolisation *à froid* en présence de traces de chaux assure la transformation en forme « alcaline » calcique sans toutefois activer le précurseur.

On peut répéter l'expérience avec des huiles de foies d'autres espèces de poissons, de requin par exemple, mais les extractions préliminaires pour éliminer la vitamine A et divers stérols sont plus laborieuses.

2° *Extraction et activation du précurseur.* — On filtre sur une petite colonne renfermant environ 3 g d'alumine à chromatographier Prolabo, une solution de 1 cm³ d'huile de foie de Requin concentrée par distillation moléculaire à 500 000 U. I. de vitamine A par gramme, dans 5 cm³ de tétrachlorure de carbone. On lave avec du tétrachlorure de carbone jusqu'à non-coloration du filtrat évaporé par le réactif de Carr et Price. On élimine ainsi notamment les esters de la vitamine A et le corps actif préformé. Le précurseur, accompagné de la vitamine A alcool, est élué par l'éther sulfurique. On évapore sous vide et l'on reprend par 5 cm³ de potasse méthanolique à 5 %. On chauffe une minute à l'ébullition et l'on verse dans une ampoule à décantation renfermant 20 cm³ d'eau du robinet suffisamment calcaire. Les extractions immédiates par l'éther sans peroxyde éliminent notamment la vitamine A alcool. Après 12 h, on extrait le même produit « actif en milieu alcalin » que précédemment. On peut aussi isoler de façon intermédiaire le précurseur en concentrant l'éluat éthéré et en précipitant par le méthanol à froid. Le traitement alcalin *à chaud* est ici indispensable pour activer le précurseur. On peut aussi extraire de même et activer le précurseur de l'huile de foie de Morue.

(²) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1258 et **234**, 1952, p. 2493.

Par gramme d'huiles de foies, on obtient les rendements suivants de produit final exprimés en microgrammes ([3]) :

	Préformé.	Précurseur.
Morue	16,2	8,6
Thon	67	–
Requin (DM)	36	220

L'activation facile du précurseur en milieu alcalin rend compte des excédents d'activité observés par saponification des huiles naturelles ([4]). Le fait que l'activité antirachitique des huiles soit en majeure partie due à notre produit, qui n'a pas de fonction alcool libre, explique les échecs ([4]), ([5]) ou les anomalies ([6]) d'isolement de la vitamine D_3. Enfin, la présence de cette dernière dans les huiles ([7]) n'est pas inconciliable avec les conclusions du présent travail en raison des relations de structure entre vitamines D_3 et D_7 que nous exposerons prochainement.

En résumé, les derniers stades de l'activation du cholestérol en milieu acide se retrouvent dans les huiles de foies de divers poissons. Une partie importante, sinon la totalité de leur activité antirachitique, doit être rapportée au corps actif dont nous avons décrit la synthèse ([1]), ([2]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Analogues structuraux de la chloromycétine. VI. Action bactériostatique de bases de Schiff apparentées au chloramphénicol.* Note de M[lles] **Denise Billet** et **Christiane Marnay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les relations entre la structure chimique et l'activité bactériostatique dans la série du chloramphénicol ont été étudiées par de nombreux auteurs. Nous avons limité nos investigations à la série des *p*-nitrophénylsérines et de leurs dérivés ([1]).

La préparation de la *p*-nitrophénylsérine sous ses deux configurations érythro et thréo, nous a conduites à effectuer des condensations au cours desquelles nous avons isolé les bases de Schiff de l'érythro (I), et du

---

([3]) On obtient les activités correspondantes en U. I. en multipliant ces chiffres par 20.

([4]) O. Neracher et T. Reichstein, *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1382.

([5]) G. A. D. Haslewood et J. C. Drummond, *J. Soc. Chem. Ind.*, 55, 1936, p. 598.

([6]) C. E. Bills, O. N. Massengale, K. C. D. Hickman et E. L. Gray, *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 241.

([7]) H. Brockmann, *Z. Physiol. Chem.*, 241 1936, p. 105; 256. 1938, p. 252.

([1]) D. Billet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1952, p. 33 D-38 D.

thréo (II)-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle et du glycocollate d'éthyle (III) [2].

$NO_2-C_6H_4-CH(OH)-C(H)(COOC_2H_5)-N=CH-C_6H_4-NO_2$

(I) (F 148°)

$NO_2-C_6H_4-CH(OH)-CH(N=CH-C_6H_4-NO_2)-COOC_2H_5$

(II) (F 121°)

$COOC_2H_5-CH_2-N=CH-C_6H_4-NO_2$

(III) (F 83°)

L'activité bactériostatique (sur *E. coli* cultivé sur milieu synthétique) de ces trois composés est représentée dans le tableau I, parallèlement à celle de la chloromycétine et de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque (A-*p*-NB) (inhibiteur déjà connu) [3].

Tableau I.

Substances étudiées.	Concentrations.	Croissance de *E. coli.* 16 h.	40 h.
Témoin	–	+++	+++
Chloromycétine	10^{-5}	0	0
	10^{-6}	+	++
Corps (I)	2.10^{-4}	0	0
	5.10^{-5}	0	++
	10^{-5}	+	++
Corps (II)	3.10^{-4}	0	+++
	10^{-4}	+++	+++
Corps (III)	5.10^{-5}	0	+
	10^{-5}	+	++
Acide *p*-nitrobenzoïque	3.10^{-5}	0	+
	10^{-5}	+++	+++

Les trois bases de Schiff sont bactériostatiques à des concentrations diverses,

---

(2) D. Billet (sous presse).

(3) S. M. Rosenthal, Hugo Bauer et E. Elvove, *U. S. Pub. Health Repts*, 54, 1939, p. 1317-1336.

mais, dans tous les cas, l'inhibition est du même type que celle de la chloromycétine ou de l'A-p-N B : en effet entre les concentrations inactives et celles entraînant une inhibition totale et durable, *la zone permettant une faible croissance de* E. coli *est très étroite*. Cette similitude de mode d'action entre ces bases de Schiff et l'A-p-N B nous a amenées à faire l'hypothèse suivante : l'activité bactériostatique de ces composés serait due à une libération d'aldéhyde p-nitrobenzoïque.

Le tableau II représente, pour chaque composé étudié, la quantité d'A-p-N B de la molécule, correspondant à la concentration bactériostatique limite (croissance O en 16 h et ++ en 40 h).

Tableau II.

	Concentration bactériostatique limite.	Aldéhyde p-nitrobenzoïque correspondant.
Chloromycétine	5.10^{-6}	$2,5.10^{-6}$
A-p-N B	3.10^{-5}	3.10^{-5}
(I)	5.10^{-5}	2.10^{-5}
(III)	5.10^{-5}	$3,2.10^{-5}$
(II)	3.10^{-4}	$1,2.10^{-4}$

Ces chiffres sont favorables à l'hypothèse ci-dessus pour les dérivés (I) et (III) dont l'activité correspond à celle de l'Ap-NB qu'ils renferment. Dans le cas des stéréoisomères (I) et (II), le dérivé érythro est le plus actif et c'est justement celui dans lequel l'Ap-NB peut être libéré le plus facilement *in vitro*.

Cependant l'activité de la chloromycétine est environ dix fois supérieure à celle que l'on pourrait déduire de sa teneur en Ap-NB. Celui-ci, quoique engagé sous forme aldol, chimiquement plus stable que la liaison anile des dérivés (I), (II), (III), apparaît néanmoins au cours de la dégradation de la chloromycétine ajoutée aux milieux de culture de la plupart des bactéries étudiées ([4]). L'action exceptionnellement antibiotique de ce composé doit donc être rapportée à un mécanisme particulier dont le plus simple serait une pénétration intracellulaire élective pour laquelle interviendrait la configuration générale de la molécule, suivie d'une libération d'Ap-NB. Par ailleurs, parmi les nombreux analogues structuraux synthétisés, la présence du groupement nitré en para paraît être une condition importante pour l'obtention de substances notablement actives ([5]).

([4]) G. N. Smith et C. S. Worrel, *Arch. f. Biochem.*, **28**, 1950, p. 232.

([5]) O. Dann et M. Ulrich, *Z. für Naturforschung*, 7 *b*, 1952, p. 6.

PHARMACOLOGIE. — *Activités cardiaques de deux dérivés aminométhyl-coumaraniques.* Note de MM. **Albert Funke, Joseph Jacob** et **Karl von Däniken**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Deux dérivés d'aminométhylcoumaranes sont étudiés. L'un deux, le chlorhydrate de diéthylaminométhyl-2 phénoxy-7 coumarane est un antifibrillant puissant, tandis que l'autre, le dichlorhydrate de dipipéridinométhyl-2.2'-dicoumaranyl semble s'apparenter, par ses propriétés, aux corps digitaliques.

Les aminométhylcoumaranes synthétisés jusqu'à ce jour n'ont présenté que des propriétés pharmacologiques relativement peu développées. Cependant, ils peuvent être rattachés aux phénoxyalcoylamines, dont ils ne diffèrent que par la cyclisation de la chaîne latérale aminée. Or, la synthèse et l'étude de diverses séries de phénoxyalcoylamines ont permis de constater que plusieurs d'entre elles sont douées d'activités pharmacologiques intenses. Il nous a paru souhaitable de préparer de nouveaux aminométhylcoumaranes ayant un poids moléculaire relativement élevé, dérivant du diphényle, de l'oxyde de phényle, du diphénylméthane et de la benzophénone, et porteurs d'un cycle aminométhyldihydrofuranique, soit sur l'un des deux, soit sur les deux noyaux aromatiques. Les corps synthétisés ainsi et la suite des réactions permettant leur préparation seront décrits dans une publication ultérieure. Nous étudions, dans cette Note, les propriétés cardiaques de deux de ces produits, dont l'un est un dérivé de l'oxyde de phényle (I) et l'autre du diphényle (II) :

O — O — $CH_2.N-(C_2H_5)_2$, ClH (3060 CT)

(I)

CH_2 — O — O — CH_2N 2ClH (3157 CT)

(II)

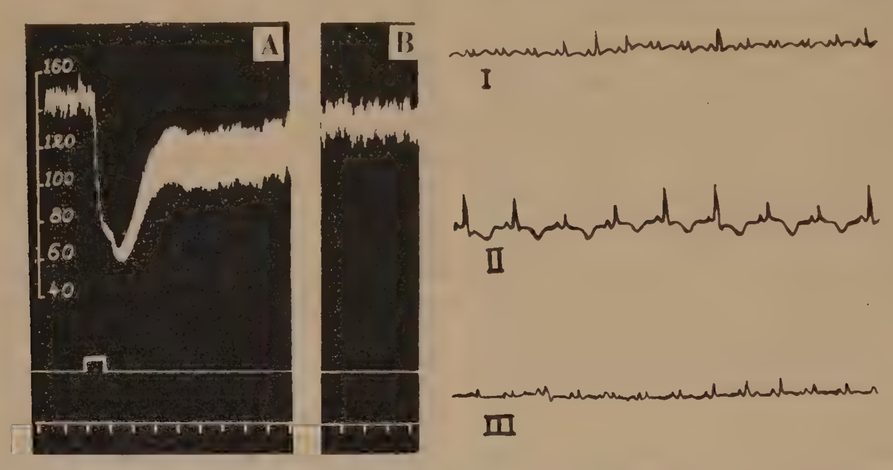
Le 3060 CT est surtout caractérisé par ses propriétés antiarythmiques. Chez le Chien chloralosé, il interrompt, avec 1-2 mg/kg, l'arythmie préfibrillatoire provoquée par le 2489 F (4-diéthylaminopropylamino-4'-aminodiphénylsulfone) [1] et il prévient cette arythmie à la dose de 5 mg/kg.

---

[1] D. Bovet, F. Bovet, T. Tréfouël et N. Beaugard, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1510; J. Jacob, G. Montézin et D. Bovet, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, **80**, 1949, p. 420.

Il s'avère ainsi, avec ce test, au moins aussi actif que le Dacorène (1262 F) connu pour ses propriétés antifibrillantes ([2]).

Les principaux effets du 3157 CT (II) chez le Chien sont illustrés par la figure ci-après. On y voit que cette substance provoque une nette bradycardie avec inversion de l'onde T de l'électrocardiogramme. Ces phénomènes sont très reproductibles; ils durent, avec 10 à 20 mg/kg, pendant 10 à 20 mn. Classiquement, ces deux effets sont considérés comme assez caractéristiques de l'action des corps digitaliques aux doses thérapeutiques.



Expérience du 20 août 1952. — Chien chloralosé. *A gauche*, tracés tensionnels : A, en ⊓ 20 mg/kg i.v. de 3157 CT; B, 18 m plus tard. *A droite*, électrocardiogrammes : I, témoin (fréquence 130/m). II, 4 m après l'injection de 3157 CT (fréquence 80/m). III, 18 m plus tard (fréquence 100/m).

Le 3157 CT présente d'autres analogies avec les cardiotoniques digitaliques; il accroît, mais de façon modérée et transitoire, l'amplitude des contractions du cœur isolé de Lapin; à dose toxique, il provoque, sur cet organe, des arythmies diverses et parfois des systoles dont la phase de décontraction est anormalement longue. Le 3157 CT, par contre, diffère des corps digitaliques par plusieurs caractéristiques : action hypotensive transitoire (voir *figure*), persistance de la bradycardie et de l'inversion de l'onde T après section des vagues et (ou) atropinisation, absence d'effet tonique sur l'oreillette isolée du Lapin et le cœur de Grenouille, arrêt en diastole de ce dernier organe.

Il serait donc prématuré de considérer le 3157 CT comme un corps digitalique de synthèse; toutefois, sa parenté pharmacologique avec les glucosides cardiotoniques ne nous paraît pas être plus éloignée que celles d'autres substances pour lesquelles des actions à allure digitalique ont

---

([2]) D. Bovet, E. Fourneau, J. Tréfouël et H. Strickler, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 52, 1939, p. 234.

été décrites [lactones (³), acétamidine (⁴), 2489 F (⁴)]; en tout cas, le 3157 CT nous semble mériter une étude plus approfondie.

PHARMACODYNAMIE. — *Étude pharmacodynamique de quelques dérivés de la carbamoylcholine*. Note de MM. **Jean Cheymol**, **Raymond Delaby**, **Henri Najer** et Mlle **Yvonne Gay**, transmise par M. Léon Binet.

A la suite des travaux de Kreitmair (¹) montrant en 1932 la grande activité de la carbamoylcholine, un nombre important de carbamates de la choline a été étudié.

P. Chabrier et deux d'entre nous ayant préparé les iodures des dicarbamates de bischoline du type I (²) ainsi que des analogues du type II qu'ils n'ont pas encore décrits, diverses actions pharmacodynamiques de ces sels d'ammonium quaternaire ont été déterminés.

(I) $I[(CH_3)_3NCH_2CH_2OCONH-(CH_2)_n-NHCOOCH_2CH_2N(CH_3)_3]I,$

(II) $I[(CH_3)_3NCH_2CH_2OCONH-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-NH-COOCH_2CH_2N(CH_3)_3]I.$

Celles-ci sont résumées dans le tableau ci-après en les comparant à l'iodure correspondant au *Doryl* désigné par l'abréviation CC1.

Action curarisante. — Cinq substances sont nettement moins actives que les autres. Ce sont le 600 dont la contiguïté des 2-NH-centraux paraît défavorable et les 621-622-623-631 à chaîne intermédiaire ramifiée. L'activité diminue lorsque croît le nombre d'atomes de carbone de la chaîne ramifiée (622-623).

Pour les corps à chaîne linéaire (600 à 610), l'activité croît lorsque n passe de 0 à 6, puis elle décroît.

Les rapports des doses entraînant la chute de la tête, l'arrêt respiratoire et l'arrêt cardiaque sont assez favorables. Le 606 H. C. est un des curarisants les plus actifs, actuellement connus, parmi les dérivés de la choline. Curarisant

(³) N. J. Giarman, *J. Pharmacol.*, 94, 1948, p. 32; 96, 1949, p. 119; F. W. Schueler et C. Hanna, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 86, 1951, p. 91.

(⁴) B. N. Craver et coll., *J. Pharmacol.*, 99, 1950, p. 353; 101, 1951, p. 353.

(¹) H. Kreitmair, *Arch. exper. pathol.*, 164, 1932, p. 346-356.

(²) R. Delaby, P. Chabrier et H. Najer, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2374; 235, 1952, p. 376.

A notre connaissance, seuls deux de ces corps ont été préparés avant nous, le dérivé dichloré correspondant au 601 *H. C.* (*Voir* tableau), A. Ercoli, *Ann. chimica applicata*, 25, 1935, p. 263-273 et le corps correspondant au 602 *H. C.* (Bovet et coll., *Arch. int. pharmacodyn.*, 88, 1951, p. 1-50, dont les caractéristiques chimiques annoncées par V. Rosnati et D. Bovet, *Gazz. chim. ital.*, 1951, n'ont pas encore paru).

N°.	Constitution.	Toxicité. D. L. 50 Souris i/v (mg/kg).	Action sur P. A. Chien chloralosé. ↘	Par rapport à acétylcholine = 1.	↗	Par rapport à adrénaline = 1.	Action curarisante. Lapin. Chute de la tête (mg/kg).	Arrêt respiratoire (mg/kg).	Arrêt cardiaque (mg/kg).	Action myotique œil. Lapin (sol. à 1 %).	Salivation lapin.
C. C. I.	NH_2-COO-CH_2-CH_2-N≡$(CH_3)_3$ I (on N)	0,28	—	0,25			0,10	0,33	0,40	—	+ + +
600 *H. C.*	—NH—NH	30	—	0,0001			33,5	193	204	0	— +
601 *H. C.*	—NH—CH_2—NH—	1,15	—	0,0005			0,67	1,34	2,09	0	
602 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_2$—NH—	1,45	—	0,001			1,15	2,36	3,35	0	
604 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_4$—NH—	0,5			—	0,006	0,32	0,95	1,22	0	—
605 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_5$—NH—	0,27			—	0,008	0,14	0,35	0,40	0	
606 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_6$—NH—	0,13			—	0,01	0,034	0,08	0,12	0	
610 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_{10}$—NH—	0,5			—	0,005	0,09	0,23	0,33	0	
621 *H. C.*	—NH—CH—NH— CH_3 (on CH)	10	—	0,015			8,4	28,8	32,8	0	— +
622 *H. C.*	—NH—CH—NH— CH_2—CH_3 (on CH)	60	—	0,002			35	89,2	114,7	+	— + —
623 *H. C.*	—NH—CH—CH_2—NH— CH_3 (on CH)	7,5			—	0,0007	6,70	23,7	27,2	0	
631 *H. C.*	—NH—CH—NH— C_6H_5 (on CH)	4	—	0,05			2,6	5,02	5,88	+	+ +

chez les Mammifères, injecté à l'oiseau il entraîne une contracture. C'est un *leptocurare* au sens de Bovet (³). Ses effets curarisants ne sont pas supprimés par l'ésérine, le moranyl ou le rouge congo.

Action vasculaire. — Les premiers termes ont une action muscarinique supprimée par l'atropine ou la section des vagues.

D'autres sont hypertenseurs d'emblée, mais à action nicotinique supprimée par l'yohimbine, diminuée par surrénalectomie.

Action sécrétoire. — Six des 12 corps étudiés entraînent une exagération des sécrétions salivaire et bronchique.

Action sur l'œil. — Trois des six corps précédents ont une action myotique nette sur l'œil du Lapin.

L'étude pharmacodynamique détaillée de ces corps sera donnée par ailleurs.

MICROBIOLOGIE. — *Étude sur la toxinogenèse diphtérique. Suppression de l'action inhibitrice du fer par l'aération et l'agitation des cultures.* Note (*) de M. **Marcel Raynaud**, Mlle **Renée Saissac** et M. **Raymond Mangalo**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La formation de toxine diphtérique est inhibée, pour des doses relativement faibles de fer, en milieu synthétique, en culture non agitée. Si les cultures sont effectuées avec agitation et aération, l'inhibition par le fer est presque entierement supprimée. On peut obtenir 60 UF par ml en présence de 1 mg de fer par litre, 36 UF par ml en présence de 4 mg de fer par litre.

Le fer inhibe la formation de la toxine diphtérique en milieu complexe ou synthétique. L'optimum de fer pour la toxinogenèse est bien défini et un excès relativement faible au delà de cet optimum supprime presque totalement la formation de toxine en culture non agitée ([1]), ([2]), ([3]). Nous l'avons vérifié dans le cas du milieu de Drew et Mueller ([4]). (Nous adressons nos remerciments au professeur Mueller qui nous a fait parvenir la souche Toronto).

Fer (μg/l).............	0	20	40	50	100	150	200	250	400	500	1000
Toxine (UF/ml)........	22,5	37,5	45	48	48	60	60	45	30	22,5	<6

Milieu Drew et Mueller : 20 ml en Erlenmeyer de 150 ml.
Culture à 33° *non agitée*. Prélèvement au 5e jour. Souche Toronto.

Par contre, l'action inhibitrice du fer cesse presque complètement, même pour des taux très élevés de fer (4 mg/l) si les cultures sont faites en milieu

(*) Séance du 10 décembre 1952.

(¹) J. W. Mueller, *J. Immun.*, 37, 1939, p. 103.

(²) J. W. Mueller, *J. Immun.*, 42, 1941, p. 343.

(³) A. M. Pappenheimer et S. J. Johnson, *Brit. J. Exp. Path.*, 17, 1936, p. 335.

(⁴) *J. Bact.*, 52, 1951, p. 549.

agité et aéré. L'aération et l'agitation ont été réalisées par emploi de tubes analogues à ceux proposés par Monod ([5]). Le milieu et la souche étaient les mêmes que dans l'expérience précédente. La croissance a été mesurée par lecture au photomètre Klett-Summerson (écran 540). Dans les expériences effectuées en tubes en T (expériences 3, 8, 9), chaque série à la même concentration en fer, comportait 5 à 10 tubes. A certaines périodes, un tube était prélevé pour la détermination de la toxine par floculation.

Étant donné les fluctuations observées de récipient à récipient dans la toxinogénèse, les expériences de caractère statistique ainsi réalisées, présentent toujours des variations inattendues. Si l'on veut obtenir une vue plus exacte du phénomène, il faut opérer les prélèvements en fonction du temps dans le même ballon ([6]). C'est pourquoi l'expérience a été répétée en ballons de Fernbach de 1 l contenant 100 ml *de milieu* (*a*) et en Erlenmeyer de 1 l contenant 50 ml *de milieu* (*b*).

Expérience 3 :

Fer ajouté (*).	24 h.	41 h.	65 h.	4 j.	8 j.
0.....	<6(**)	18	36	51	42
50.....	<6	23	60	48	75
175.....	<6	18	63	54	75
1000.....	<6	<6	30	–	60

Expérience 9 :

Fer ajouté (*).	21 h.	40 h.	3 j.	5 j.	6 j.	7 j.
0.....	<6	20	38	55	45	48
175.....	<6	20	39	39	44	45
1000.....	<6	20	–	36	36	36
4000.....	<6	20	24	35	36	36

Expérience 8 :

Fer ajouté (*).	47 h.	3 j.	4 j.	6 j.	8 j.
0.....	<6	29	30	21	18
175.....	<6	36	33	28	33
1000.....	<6	30	33	30	30
4000.....	<6	33	32	30	30

Expérience 11 :

Fer ajouté (*).	39 h.	3 j.	4 j.	7 j.
a (***).				
0.....	<6	12	12	<6
175.....	12	24	27	24
1000.....	24	36	36	42
4000.....	12	18	18	18
b (***).				
0.....	18	42	54	42
175.....	12	36	45	48
1000.....	24	60	68	48
4000.....	<6	18	18	24

Nota. — Toutes les cultures ont été faites à 33° et agitées.
(*) Fer ajouté : microgramme par litre.
(**) Les chiffres rapportés correspondent au nombre d'unités de floculation par millilitre.
(***) *a*. Ballons de Fernbach; *b*. Erlenmeyers.

En conclusion, l'inhibition de la toxinogénèse diphtérique par le fer en excès peut être supprimée ou considérablement réduite par certaines conditions de culture (agitation et aération). L'optimum de fer pour la toxinogénèse augmente lorsque l'apport (ou l'accessibilité) de l'oxygène est augmenté.

([5]) *Bioch. et Biophys. Acta*, 7, 1951, p. 585.
([6]) M. Raynaud, R. Saissac, A. Turpin et M. Rouyer, *Ann. I. P.*, 1952, (sous presse).

L'évolution de la toxinogénèse en fonction du temps montre que dans ces conditions particulières de culture, la formation de toxine en présence d'un excès de fer est retardée par rapport à la toxinogénèse observée avec le taux optimum de fer. Si l'on arrêtait les cultures assez tôt, ce retard simulerait une inhibition totale (expérience 3, 41 h). L'inhibition classique observée en culture non agitée n'est pas de ce type car la prolongation de la culture jusqu'à 21 jours ne permet pas de faire apparaître de toxine en présence d'un excès de fer.

Divers auteurs ([7]), ([8]) avaient noté que l'aération augmentait la tolérance en fer du bacille diphtérique pour la toxinogénèse en milieu complexe. Mais pour des taux élevés de fer dans le milieu, ils retrouvaient toujours une inhibition totale. La suppression de l'inhibition que nous avons observée constitue un fait nouveau dont l'importance tient aux hypothèses qui ont été formulées ponr expliquer l'action du fer sur la formation de la toxine diphtérique.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *L'effet de l'alcalinité du milieu de culture sur la virulence de* Bacillus cereus *var.* alesti *Toum. et Vago, pour les Vers à soie.* Note de (*) MM. **Constantin Toumanoff** et **Constantin Vago**, présentée par M. Émile Roubaud.

Bacillus cereus var. *alesti* Toum. et Vago, très pathogène pour les Vers à soie en milieu de culture à réaction neutre (pH 7), perd sa virulence après plusieurs passages sur la gélose ordinaire alcaline (pH 9).

Le pH de culture peut ainsi être considéré comme un des facteurs entravant ou favorisant l'effet pathogène sur les insectes des bacilles entomophytes.

Nous avons décrit, sous le nom de *Bacillus cereus* var. *alesti* Toum. et Vago, un bacille, agent d'une flacherie infectieuse, très virulent *per os* pour les Vers à soie et dont nous avons défini les modalités d'action sur ces Insectes. Il fut établi que ce bacille exerce sur les Vers un double effet mortel, toxique et septicémique ([1]), ([2]).

La mort rapide est très constante, aussi bien avec des germes provenant de l'hémolymphe des individus malades, des tissus lysés des chenilles mortes, de la poudre provenant des cadavres desséchés, qu'avec ceux qui ont été maintenus en cultures, même pendant trois ans, sur milieu ordinaire, neutre.

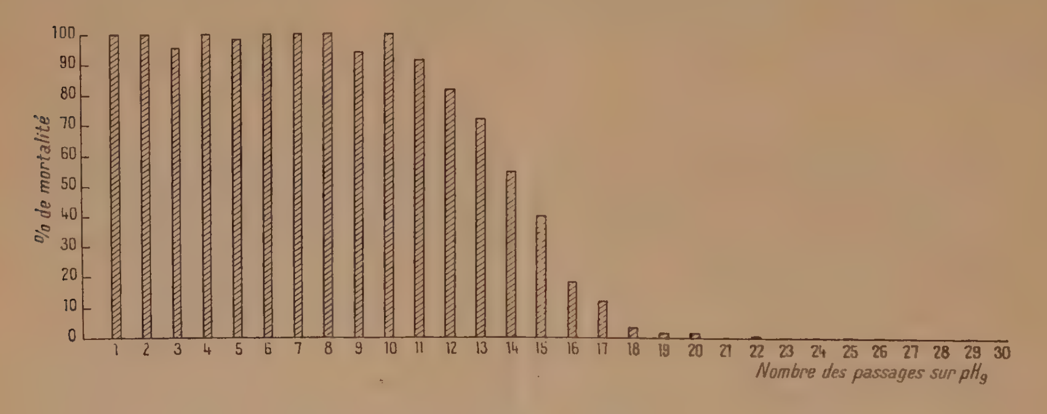
([7]) F. V. Lingwood et E. L. Fenton, *Brit. J. Exp. Path.*, 28, 1947, p. 354.
([8]) S. Mitsuaki, M. Kurokawa et Y. C. Kojima, *Jap. J. Exp. Med.*, 21, 1951, p. 25.

(*) Séance du 10 décembre 1952.
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1504.
([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, 83, n° 3, 1952, p. 421.

Nous avons observé, par contre, qu'une action toxique lente ou une septicémie retardée survient non seulement quand la dose des microbes ingérés est faible [2], mais souvent aussi quand le microbe a été transporté d'un milieu neutre sur un autre plus alcalin. Nous avons alors recherché un rapport éventuel entre l'alcalinité du milieu et la virulence de *Bacillus cereus* var. *alesti*.

A cet effet, nous avons utilisé comparativement pour l'infection de nos chenilles des cultures ayant subi de 1 à 30 passages sur gélose nutritive de pH 9.

Les chenilles expérimentées étaient au 4e âge. Les essais avec les cultures correspondant à chaque passage ont été effectués sur 100 vers, provenant d'un élevage spécial d'automne.



Le graphique ci-contre montre la mortalité survenue dans les 24 h qui ont suivi le repas infectant, ce dernier étant constitué, dans ce cas particulier, par une anse de culture de *B. cereus* var. *alesti* dans 1 cm^3 d'eau physiologique, dose invariablement fatale pour les vers.

Nous voyons que, dans le cas d'infection par cultures n'ayant subi que de 1 à 8 passages sur milieu de pH 9, la mortalité se maintient à 100 % comme avec les cultures en pH neutre.

A partir du 10e passage, la mortalité diminue progressivement, de telle sorte qu'après 14-15 passages elle n'atteint plus que 50 %.

On observe une atténuation de la toxicité : la mort ne survient plus qu'après plusieurs heures, quelquefois en 24 h, sans présence de bacilles dans l'hémolymphe, mais avec pullulation de ces derniers dans la partie moyenne du tube digestif.

Bien que nous observions des septicémies tardives au cours des infections avec les cultures du 8e au 20e passage sur pH 9 [pouvant, comme il a déjà été signalé, se produire également, sous certaines conditions, chez les insectes contaminés par le bacille cultivé en milieu normal [2]], ce type pathologique se montre de moins en moins effectif. Après 22 passages,

le bacille a non seulement perdu sa toxicité, mais s'avère également inapte à provoquer la mort par voie septicémique. Une absence totale de mortalité est constatée qui se maintient pour tous les passages suivants.

La virulence de *Bacillus cereus* var. *alesti* pour les Vers à soie est donc subordonnée à sa croissance sur un milieu neutre. Le passage prolongé de ce microbe sur un milieu à réaction alcaline supprime totalement toute son activité pathogène.

Il est possible que la perte de virulence des microbes entomophytes en milieu de culture et aussi la difficulté de contamination *per os* signalées chez de nombreux insectes par divers auteurs, dans le passé [Krassiltchik (3), Chatton (4), Paillot (5), etc.], puissent trouver là une explication. Ce phénomène a pu contribuer également à la constatation faite en 1915 (époque à laquelle le pH des milieux ne pouvait être contrôlé rigoureusement) par Aoki et Chigasaki (6), (7) de souches toxigènes et de souches atoxigènes de *Bacillus sotto* (Ishiwata).

La séance est levée à 16 h.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 20 octobre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Roger Husson*, A propos du rôle des gastrolithes chez les Écrevisses :

Page 905, 2e ligne du titre, *au lieu de* Raoul Husson, *lire* Roger Husson.

(*Comptes rendus* du 27 octobre 1952.)

Note présentée le 20 octobre 1952, de MM. *Charles Dufraisse*, *André Étienne* et *Edmond Toromanoff*, Études sur les phénazhydrines. Observations sur la composition de la chlororaphine :

Page 921, 6e ligne, *au lieu de* 16 g/l, *lire* 12 g/l.

---

(3) *Mém. Soc. Zool. de France*, 6, 1893, p. 245.
(4) *Ann. des Épiph.*, 1, 1912, p. 379.
(5) *L'infection chez les Insectes*, Imp. Trevoux, Patissier, 1933, p. 535.
(6) *Mitt. der Med. Fak. d. Kaiser. Univ.*, Tokyo, 13, 1915, p. 3.
(7) *Bull. Imp. Ser. Exp. Station*, Tokyo, 1, 1916.

(*Comptes rendus* du 10 novembre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Pierre Tauzin*, La théorie de la photophorèse négative. Complément à deux Notes antérieures :

Page 1120, 5e ligne en remontant, *au lieu de* π, *lire* $\frac{\pi}{2}$.

(*Comptes rendus* du 24 novembre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Robert Dupéron*, Les glucides des semences de Crucifères :

Page 1333, tableau, 9e et 10e lignes, *au lieu de*

Cochlearia armoricia...........	Glucides solubles totaux :	6–7
Sinapis alba.....................	» » »	7,8

lire

Cochlearia armoracia...........	Glucides solubles totaux :	7,8
Sinapis alba.....................	» » »	6–7

Page 1333, tableau, 11e ligne (*Capsella bursa pastoris*), *au lieu de* S. St. R., *lire* S. R. St.

(*Comptes rendus* du 1er décembre 1952.)

Note présentée le 24 novembre 1952, de M. *Matthias Matschinski*, Quelques remarques sur les processus stochastiques. Le processus stochastique dans une population :

Page 1363, 14e ligne, *au lieu de* ayant la forme, *lire* n'ayant la forme.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1952.
(*suite et fin*).

Extraits des *Comptes rendus de l'Association des Anatomistes*. Strasbourg, 1948 : *Rôle de la thyroïde dans l'ostéogénèse folliculinique chez les Oiseaux*, par J. Benoit et J. Clavert. Lyon 1949 : *Étude de la formation de l'os folliculinique chez le canard pré-hypophysectomisé*, par J. Clavert et J. Benoit. Louvain, 1950 : *Ostéogenèse folliculinique chez les oiseaux. Influence des diverses glandes endocrines*, par J. Benoit et J. Clavert. Nancy 1951 : *Modification d'une coloration trichrome de Masson pour la mise en évi-*

dence supplémentaire du chondriome, par J. Benoit et Mlle Aline Staubb. Nancy 1951 : *La pars tuberalis de l'hypophyse du canard. Ses rapports avec l'éminence médiane et la préhypophyse*, par J. Benoit et I. Assenmacher; 5 feuillets 24 cm.

Extraits des *Comptes rendus des séances de la Société de biologie*. T. 141, 1947 *Action de la thyroïdectomie sur l'ossification folliculinique chez le canard*, par Jacques Benoit et J. Clavert. T. 144. Séance du 21 janvier 1950 : *Réponses du mécanisme gonadostimulant à l'éclairement artificiel et de la préhypophyse aux castrations bilatérale et unilatérale, chez le canard domestique mâle, au cours de la période de régression testiculaire saisonnière*, par Jacques Benoit, I. Assenmacher et F. X. Walter. Séance du 25 février 1950 : *La radiographie appliquée à l'étude macroscopique de l'évolution des testicules d'Oiseaux*, par I. Assenmacher, Ch. Gros, Jacques Benoit et F. X. Walter. Séance du 29 avril 1950 : *Nouvelles recherches relatives à l'action de lumières de différentes longueurs d'onde sur la gonadostimulation du canard mâle impubère*, par Jacques Benoit, F. X. Walter et I. Assenmacher. Séance du 8 juillet 1950 : *Sensibilité testiculaire aux hormones gonadotropes hypophysaires, chez le canard domestique au cours de la période de régression testiculaire saisonnière* par Jacques Benoit, P. Mandel, F. X. Walter et I. Assenmacher. Id. *Activité gonadotrope de l'hypophyse du canard domestique au cours de la régression testiculaire saisonnière et de la prépuberté*, par Jacques Benoit, I. Assenmacher et F. X. Walter. T. 145. Séance du 10 mars 1951 : *Circulation porte tubéro-préhypophysaire chez le canard domestique*, par Jacques Benoit et I. Assenmacher. Séance du 6 juillet 1951 : *Dispositifs nerveux de l'éminence médiane; leurs rapports avec la vascularisation hypophysaire chez le canard domestique*, par Jacques Benoit et I. Assenmacher; 7 fasc. 24,5 cm.

Extraits du *Journal de physiologie*, T. 42, 1950 : *Contribution à l'étude du réflexe opto-hypophysaire gonadostimulant chez le canard soumis à des radiations lumineuses de diverses longueurs d'onde*, par Jacques Benoit, F. X. Walter et I. Assenmacher. T. 43, 1951 : *Contribution à l'étude des relations hypothalamo-hypophysaires et de leur rôle dans la gonadostimulation chez le canard domestique*, par Jacques Benoit et I. Assenmacher. Id. *Sur l'existence de deux types d'ossification nettement distincts chez les oiseaux*, par Jacques Benoit et J. Clavert; 3 feuillets 26 cm.

Extraits des *Archives d'anatomie microscopique et de morphologie expérimentale*. T. 39, n° 3, 1950 : *Différenciation sexuelle chez les Oiseaux au cours du développement normal et de l'intersexualité expérimentale par ovariectomie*, par Jacques Benoit. T. 40, n° 1, 1951 : *Étude préliminaire de la vascularisation de l'appareil hypophysaire du canard domestique*, par Jacques Benoit et I. Assenmacher; 2 fasc. 24 cm.

Extrait des *Archives d'anatomie, d'histologie et d'embryologie*. T. 34. Fasc. 1/8 : *Différenciation et comportement des ostéoclastes chez les oiseaux*, par Jacques Benoit et J. Clavert; 1 fasc. 24,5 cm.

Carte géologique internationale de l'Afrique. Légende stratigraphique. Feuille n° 7, exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIIIe session, Bruxelles, 1952). Dressée et publiée par le Bureau d'études géologiques et minières coloniales; 1 planche 73 cm × 69,5 cm.

Id. — Feuilles n° 5, 6, 8, à l'échelle de 1/5 000 000e; 3 planches 100 cm × 79 cm.

Mécanique quantique, par Jean Barriol. Préface de Louis de Broglie, in collection *Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19,5 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

Astronomie générale. Astronomie sphérique et Éléments de mécanique céleste, par André Danjon. Paris, J. et R. Sennac, 1952-1953; 1 vol. 27 cm.

Consiglio nazionale delle ricerche 2ª giornata della scienza indetta dal e μR in occasione della 30 fiera de Milano. *Convegno sulla difesa del suolo e le sistemazioni fluviali e montane Milano* 16-19 *aprile* 1952; Roma, Consiglio nazionale delle ricerche, 1952; 1 vol. 25 cm.

William Ramsay and University college London 1852-1952, by Morris W. Travers. Privately issued by University college London in connection with the William Ramsay contenery appeal, 1 fasc. 25 cm.

The earth's equatorial radius and the distance of the Moon, by John A. O' Keefe and Pamelia Anderson. Extrait de *Astronomical Journal,* 57, nº 4, 1952; 1 fasc. 26,5 cm.

Ministère de l'Éducation nationale. Comité des travaux historiques et scientifiques. *Soixante-dix-huitième Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements à Toulouse,* 1953; 1 fasc. 21 cm.

Documentation mathématique. Listes provisoires dressées par Paul Belgodère. Fasc. 16. *Adresses d'expédition des échanges et services du Bulletin de la Société mathématique de France,* T. 80, année 1952. Fasc. 17 : *Adresses d'expédition, pour affichage, des convocations et informations de la Société mathématique de France.* Fasc. 18 : *Liste géographique des membres de la Société mathématique de France.* Fasc. 19 : *Liste des titres des périodiques régulièrement reçus par la Bibliothèque mathématique de l'Institut Henri Poincaré.* Fasc. 20 : *Id. par la Bibliothèque des sciences mathématiques de l'École normale supérieure.* Fasc. 21 : *Id. par la Société mathématique de France.* Paris, 1952; 6 fasc. 28 cm.

Id. — Fasc. 22 ; *Glossaire de mathématiques élémentaires.* Première partie : *arithmétique et algèbre élémentaire,* par Armand Buquet; 1 fasc. 28 cm.

Id. — Fasc. 15 : *État des périodiques figurant à la Bibliothèque des sciences mathématiques de l'École normale supérieure,* par Colette Martin; 1 fasc. 28 cm.

Précis de chimie. T. I. *Chimie générale,* par Raymond Quelet, in Collection *Euclide.* Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19 cm.

Ministerio da economia. Comissão reguladora do comércio de Arroz. *Bibliografia orizicola portuguesa* 1800-1950, por Manuel Vianna e Silva. Lisboa, 1951; 1 vol. 24 cm.

Pontificiæ academiæ scientiarum scripta varia. 10. *Studio fisico dell' aorta normale e patologica,* par Vittorio dal Borgo. Ex ædibus academicis in civitate Vaticana, 1952; 1 vol. 24,5 cm.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-CINQUIÈME.